Über

die Lokalisation der Tastempfindungen.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

hohen philosophischen Fakultät der Georg-Augusts-Universität
zu Göttingen

vorgelegt

von

Victor Henri
aus Marseille.

Berlin,
Reuther & Reichard
1897.

Nachstehende Abhandlung ist nur ein Kapitel der von mir bei der hohen philosophischen Fakultät eingereichten Dissertation. Die ganze Dissertation erscheint unter dem Titel: »Über die Raumwahrnehmungen des Tastsinns; Ein Beitrag zur experimentellen Psychologie«. (Berlin, Verlag von Reuther & Reichard. 1898).

Referent: Prof. Dr. G. E. MÜLLER.

Tag der mündlichen Prüfung: 5. Juni 1897.

I. Die Lokalisation der Tasteindrücke.

Wenn ein Punkt unserer Haut berührt wird, so können wir ihn auf der Haut »lokalisieren«. Die Beobachtung lehrt, dass bei Berührung eines Punktes der Haut wir diesen Punkt mit einem Finger selbst wieder berühren können, oder dass wir uns visuell den berührten Ort vorstellen, oder endlich dass wir den berührten Ort mit Worten beschreiben können, ohne dabei eine deutliche Gesichtsvorstellung zu haben. Auf allen diesen Wegen ist es also möglich, den Eindruck zu lokalisieren. Wir müssen daher mehrere Arten der Lokalisation der Tasteindrücke unterscheiden:

1. Das Subjekt lokalisiert, indem es unter Ausschluss der Mitwirkung des Gesichtssinnes den berührten Punkt mit einem Finger selbst berührt; als Unterart ist hier der Fall zu nennen, wo das Subjekt blos die berührte Stelle mit dem Finger zeigt, ohne sich selbst zu berühren. Wir nennen dieses Verfahren »Lokalisation mit Berührung«.

2. Das Subjekt stellt sich die berührte Stelle möglichst gut visuell vor, oder muss auf einem Modell oder einer Photographie des betreffenden Körperteiles den berührten Punkt zeigen; dies ist die visuelle Lokalisation.

3. Das Subjekt beschreibt die berührte Stelle mit Worten.

§ 1. Lokalisation mit Berührung und Bewegung.

1. E. H. Weber (172) hat im Jahre 1852 eine Methode vorgeschlagen, um die »Feinheit des Raumsinnes« zu bestimmen; sie besteht darin, dass man unter Ausschluss des Hinsehens der Versuchsperson die Haut mit einer Spitze berührt und die Versuchsperson

auffordert, bei geschlossenen Augen den berührten Punkt mit einer Spitze selbst wieder zu berühren. WEBER fand, dass der Fehler an verschiedenen Hautstellen verschieden gross war.

Von vielen Autoren wurde diese Methode als gleichwertig mit der ersten Methode zur Bestimmung der Feinheit des Raumsinnes der Haut betrachtet (bei der man den kleinsten Zirkelabstand bestimmt, der noch als zwei Punkte empfunden wird). Nur wenige haben bemerkt, dass es sich um prinzipiell verschiedene Vorgänge handelt, dass mit dem Zirkel die Feinheit des Raumsinnes und mit der Berührung des Punktes die Feinheit der Lokalisation bestimmt wird, und dass man den Raumsinn der Haut nicht mit der Lokalisation der Tasteindrücke verwechseln darf. Ich gebe hier nur ein Beispiel von dieser Verwechselung, dasselbe findet sich bei WUNDT, (Phys. Psych. II, S. 5 und 6). Seine Worte lauten folgendermassen: »Die Druck- und Temperaturempfindungen unserer Haut beziehen wir auf den Ort, welcher vom Reize getroffen wird, ebenso die dem Tastsinn verwandten Empfindungen der inneren Teile. Die Genauigkeit dieser Lokalisation ist ausserordentlich verschieden . . . Die nächstliegende Methode, um hier (auf der Hautoberfläche) die Genauigkeit der örtlichen Auffassung zu prüfen, besteht darin, dass man eine Hautstelle berührt und dann aus der blossen Tastempfindung, also unter Ausschluss des Gesichtssinnes, durch Nachtasten die vorher berührte Stelle aufsuchen lässt. Hierbei wird im allgemeinen ein Fehler begangen, der sich, sobald man eine grössere Zahl von Beobachtungen verwendet, bei jeder Hautstelle einem bestimmten Werte nähert, für die verschiedenen Stellen aber ausserordentlich wechselt. Die Feinheit der Lokalisation ist der Grösse jener Fehler umgekehrt proportional. Dieses Verfahren entspricht demnach der Methode der mittleren Fehler bei der Intensitätsmessung. Im vorliegenden Falle führt aber dies unmittelbar zu einem kürzeren Verfahren, welches der Methode der Minimaländerungen analog ist. Will man nämlich an sich selbst die Stelle der Haut bestimmen, an der eine Berührung empfunden wurde, so kann dies nur durch eigene Betastung geschehen. Dadurch entsteht eine zweite Tastempfindung, und unwillkürlich wird man nun so lange den berührenden Finger auf der Haut verschieben, bis die zweite der ersten Empfindung gleich geworden ist. Es liegt nahe, die Feststellung der Lokalisations-

schärfe direkt auf diese Vergleichung zu gründen, also zwei Eindrücke gleichzeitig auf zwei benachbarte Stellen wirken zu lassen und dann diejenige Grenzdistanz aufzusuchen, bei welcher die Eindrücke eben noch als räumlich gesonderte aufgefasst werden. Dieses Verfahren ist es, nach welchem zuerst E. H. WEBER die Lokalisation der Tastempfindungen untersucht hat.« (Die Unterstreichungen sind von mir vorgenommen). Erstens ist es nicht richtig, dass die Lokalisation nur durch eigene Betastung geschehen kann; zweitens ist die Methode des Tastzirkels von WEBER keine Bestimmung der Lokalisationsschärfe, und drittens, wenn man auch die Lokalisationsschärfe mit Hülfe des Tastzirkels bestimmen könnte, so müsste man die Spitzen nicht gleichzeitig, wie WUNDT sagt, sondern nacheinander aufsetzen, welches letztere Verfahren von dem ersteren wesentlich verschieden ist, wie schon CZERMAK 1855 gezeigt hat. Dass es nicht möglich ist, mit Hülfe des Tastzirkels die Lokalisationsschärfe zu bestimmen, folgt schon aus dem einfachen Resultate, dass an einigen Hautstellen der Lokalisationsfehler in einer ganz bestimmten Richtung von dem berührten Punkte begangen wird, wie schon früher KOTTENKAMPF, ULLRICH und auch LEWY beobachtet haben. In der Auseinandersetzung von WUNDT wird dagegen angenommen, dass, wenn bei Berührung eines Punktes *A* die Versuchsperson manchmal den Punkt *B* zeigt, sie auch bei Berührung von *B* manchmal *A* zeigen werde; diese Voraussetzung widerspricht den Beobachtungen. Ich bin näher darauf eingegangen, weil man mir vorgeworfen hat, dass ich in den früheren Veröffentlichungen (Archives de physiologie 1893 und Année Psychologique II) die Auffassung von WUNDT in ungerechter Weise kritisiert hätte.

2. Ich gehe zu den Darstellungen der Resultate über, die bei der Bestimmung der Lokalisationsschärfe mit Hülfe der Methode von WEBER erhalten wurden. E. H. WEBER hat folgende Zahlen für die Fehlerwerte bekommen:

Mitte der vorderen Seite des Oberschenkels	7,0	Pariser Linien
Mitte der Volarseite des Vorderarmes	3,8	» »
Mitte des Handrückens	2,9	» »
Mitte der Hohlhand	1,9	» »
Volarseite der Fingerspitzen	0,5	» »
Stirn	2,8	» »

Kinn . . . . 2,4 Pariser Linien
Lippen . . . . 0,5 » »

Ich erinnere daran, dass eine Pariser Linie gleich 2,25 mm ist. Die Werte, welche nicht Mittelwerte sondern Maximalwerte sind, sind alle viel kleiner als diejenigen, die für die Feinheit des Raumsinnes mit gleichzeitigem Aufsetzen der Spitzen erhalten wurden (ein neuer Beweis gegen die Auffassung von WUNDT). Dasselbe Resultat wurde auch von KOTTENKAMPF und ULLRICH (81) erhalten. Ich gebe hier in der folgenden Tabelle Beispiels halber die Resultate für die Volarseite des Vorderarmes. In der ersten Kolumne stehen die fünf untersuchten Hautstellen *a*, *b*, *c*, *d* und *e* mit der Angabe der Distanz dieser Hautstellen von dem Ellenbogen; die zweite Kolumne enthält die Werte der Lokalisationsschärfe, erhalten nach der WEBER'schen Methode. In den nächsten Kolumnen finden sich die Resultate der Versuche, die nach der Methode der richtigen und falschen Fälle mit gleichzeitigem Aufsetzen der Spitzen gemacht wurden. Die Tabelle zeigt z. B., dass auf der Stelle *a* bei der Berührung mit einer Spitzendistanz von 5 Linien unter 100 Versuchen 33 mal 2 Punkte empfunden wurden, bei der Berührung mit einer Distanz von 7 Linien wurden 56 mal 2 Punkte empfunden u. s. w.

Hautstellen	Lokalisationsfehler	Spitzendistanzen in Linien											
		5	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
a 93 Lin. v. Ellenbogen	1,94 Lin.	33	56	77	90	97	—	—	—	—	—	—	—
b 71,5 » » »	2,72 »	—	—	36	47	61	64	86	—	100	—	100	—
c 50 » » »	3,53 »	—	—	30	55	60	72	88	89	92	100	—	—
d 28,5 » » »	3,71 »	—	—	—	—	54	60	71	82	90	95	100	—
e 10 » » »	3,85 »	—	—	—	—	—	—	49	72	78	89	100	—

Die genannten Forscher haben die Richtung, in der die Fehler begangen wurden, jedesmal notiert. Bei einer Versuchsperson war keine Bevorzugung einer besonderen Richtung vorhanden, dagegen von einer anderen wurden die Fehler in der longitudinalen Richtung des Armes öfter als in der Querrichtung begangen. Jene Forscher legten kein Gewicht auf diese Beobachtung, sie wurde aber durch die späteren Untersuchungen bestätigt.

Nach derselben Methode der Lokalisation von WEBER wurden dann Untersuchungen von LEWY (92), BARTH (10) und PILLSBURY (129) angestellt. Alle diese Untersuchungen haben das Resultat von WEBER bestätigt, dass die Lokalisationsfehler geringer sind, als die Feinheitsmasse des Raumsinnes an den betreffenden Hautstellen. Diese Arbeiten enthalten sämtlich interessante Resultate, auf die ich näher eingehen muss. 3.

Bei der Untersuchung von W. BARTH (russisch erschienen) lag der linke Vorderarm der Versuchsperson bequem mit der Volarseite nach oben auf einem Gypsnegativ; der Experimentator berührte einen Punkt, den die Versuchsperson sich merken musste, und nach einem bestimmten Intervall musste die Versuchsperson bei geschlossenen Augen denselben Punkt mit einer Spitze, die sie in der rechten Hand hielt, berühren, es war dabei ihr erlaubt, durch Herumtasten die erste Angabe zu korrigieren. Die Grösse und Richtung der Fehler wurden notiert.

Es wurde untersucht, welchen Einfluss die Dauer des Intervalls auf die Genauigkeit der Lokalisation hat. Zu diesem Zwecke wurden die Intervalle gleich 15, 30, 60, 120, 240 Sekunden und mehreren Stunden genommen. Die Grössen der mittleren Fehler in Millimetern sind in der folgenden Tabelle enthalten.

Versuchspersonen	Sofort	15 Sek.	30 Sek.	60 Sek.	120 Sek.	240 Sek.	mehr. Std.
B.	9,3	8,7	11,3	13,9	20,8	—	19,0
S.	8,2	8,7	11,1	13,6	12,2	17,8	—
K.	9,3	—	12,3	14,3	14,2	—	16,5
C.	8,8	—	13,4	15,4	—	—	—

Man sieht, dass die Grösse des Fehlers mit der Länge des Intervalls wächst, aber sie bleibt unterhalb einer gewissen Grenze. Die Registrierung der Richtungen der Fehler hat gezeigt, dass die Mehrzahl der Fehler in der Längsrichtung des Armes begangen wurde, und zwar wurden in der Richtung nach dem Handgelenk doppelt so viel Fehler als in der Richtung nach dem Ellenbogen gemacht; die Fehler in der Richtung nach dem Handgelenk sind auch grösser als die in der Richtung nach dem Ellenbogen.

4. Ganz gleiche Resultate bezüglich der Richtung und Grösse der Fehler hat Lewy (92) erhalten. Er untersuchte die Lokalisation der Tasteindrücke auf der Dorsalseite des Vorderarmes. Die Versuche wurden mit zwei normalen Individuen und vier Kranken (Dementia paralytica) gemacht; ich berücksichtige hier nur die normalen Fälle. Der Einfluss des Intervalls war ebenso merkbar, wie bei den Versuchen von Barth; die Zahlen sind nämlich in Millimetern folgende:

	Sofort	20 Sekunden	120 Sekunden
Lokalisationsfehler	10 mm	13 mm	22 mm

Was die Richtung der Fehler betrifft, so erhielt Lewy folgende Zahlen:

	Distal	Radial-Distal	Ulnar-Distal	Proxi-mal	Radial-Proxim.	Ulnar-Proxim.	Radial	Ulnar
Häufigkeit der Fehler	25	13	14	10	1	9	1	13
Häufigkeit d. Fehler in zwei Hauptricht. . .	52			20			—	—
Grösse d. durchschnittl. F. in dist. u. prox. Richt.	21 mm			12 mm			—	—

Man sieht, dass bedeutend mehr Fehler in distaler Richtung, als in proximaler begangen wurden, und dass die Fehler in distaler Richtung auch grösser, als die in proximaler sind; nur wenige Fehler sind in ulnarer oder radialer Richtung begangen worden.

Die Versuche mit einer anderen Versuchsperson zeigten, dass bei 120 Versuchen der Lokalisationsfehler nur 1 mal in proximaler, 1 mal in ulnarer und 3 mal in radialer Richtung begangen wurde, dagegen 116 mal in distaler Richtung oder jedenfalls in einer Richtung mit distaler Komponente.

5. Lewy untersuchte auch den Einfluss der Ablenkung der Aufmerksamkeit während der Zwischenzeit auf die Grösse der Lokalisationsfehler. Die Ablenkung der Aufmerksamkeit geschah auf drei

verschiedene Arten: 1) es wurden während des Intervalls andere Lokalisationsversuche gemacht. 2) Es wurde auf die Haut etwa 7 cm vom berührten Punkt entfernt ein Thaler gelegt, der während des Intervalls zwischen Berührung und Lokalisation auf der Haut liegen blieb. 3) Während des Intervalls musste die Versuchsperson rechnen. Von diesen drei Ablenkungsarten wirkt merkbar nur die erste; der Einfluss der anderen ist zwar in geringem Masse vorhanden, aber nicht konstant.

Ich gebe einige Zahlen wieder:

Intervall	1. Versuchsperson		2. Versuchsperson	
	Normal	Lokalisat. im Intervall	Normal	Lokalisat. im Intervall
30 Sekunden	29 mm	34 mm	22 mm	42 mm
120 »	38 »	37 »	38 »	43 »

Intervall	Normal	Thaler im Intervall	Rechnen
20 Sek.	13 mm	15 mm	14 mm
120 »	20 »	19 »	13 »

Selbstbeobachtungen wurden nur von wenigen Forschern bei den Versuchen über die Lokalisation der Tasteindrücke angestellt. Dies ist, wie ich glaube, ein grosser Fehler, denn die Selbstbeobachtungen können oft mehr als Tausende von Zahlen lehren. Deswegen ist es auch nötig, die wenigen Selbstbeobachtungen, die man in der Litteratur findet, zusammenzustellen. Ich gebe die zwei Beobachtungen aus der Arbeit von Lewy wieder: »Dr. P. giebt an, dass ihn beim Auffinden der berührten Stelle nach längerem Intervalle ein optisches Gedächtnisbild unterstütze. Er behauptet, in einer grösseren Zahl von Versuchen das Bild des berührten Unterarmes mit dem aufgezeichneten Straminnetz[1]) vor Augen zu sehen und in diesem, als Punkt, die **6.**

1) Es wurde nämlich auf der Haut ein Netz, das aus 12 Quadraten bestand, mit Stramin aufgezeichnet.

Stelle, die, seiner Ansicht nach, berührt worden ist. Dieses optische Erinnerungsbild ermögliche vielfach das Wiederauffinden des im Gedankenablaufe bereits vergessenen Punktes.«

»Ich selbst (Lewy) konnte an mir etwa folgendes wahrnehmen: Bei t^0 (sofortige Lokalisation) wird fast reflektorisch die zugehörige Bewegung des anderen Armes gemacht. Ich finde keine Zeit, über die Lage des berührten Punktes nachzudenken, oder mir ein irgendwie geartetes Bild desselben vorzustellen. Ich reagiere auf den Reiz mit einer bestimmten Deutbewegung und sehe mich fast nie veranlasst zu korrigieren. Anders, wenn zwischen Tastreiz und Reproduktion ein Zeitintervall eingeschoben wird. Eine Zeitlang hinterlässt noch der Reiz eine Art Nachbild; mit einiger Anstrengung gelingt es, auch dieses noch eine weitere Zeit durch eine Art von Suggestion festzuhalten, und wenn ich auch nicht, wie ein Autor von sich berichtet, im Stande bin, durch die Stärke der Einbildungskraft mir an jeder Stelle der Körperoberfläche eine Berührung suggerieren zu können, so kann ich doch auf diese Weise den berührten Punkt eine Weile im Gedächtnis fixieren. Dann teilt sich meine Aufmerksamkeit zwiefach in einer Weise, die an die sensorielle und muskuläre Reaktion erinnert, indem ich einesteils durch Innervation des Deutarmes die Beugevorstellung festzuhalten suche, die geeignet ist, die betreffende Lokalisationsbewegung auszuführen. Die Wirkung dieser intensiven Bewegungsvorstellung kann so mächtig werden, dass sie zu kleinen teils mir selbst fühlbaren, teils von dem Experimentierenden bemerkten Bewegungen führt. Ein optisches Erinnerungsbild in dem Sinne, dass ich den Unterarm mit der berührten Stelle mir vorstelle, drängt sich verhältnismässig selten in den Vordergrund des Bewusstseins. Vorstellungen und Vorstellungsverbindungen begrifflicher Art stellen sich besonders bei dem langen Intervalle von 120 Sek. ein. Ich erinnere mich, ‚der Ort war ziemlich weit proximal‘ oder ‚das war in der Nähe der Volarfläche‘ u. s. w., wenngleich diese Vorstellungen zu unbestimmter Natur sind, als dass auf ihre Wirkung allein die verhältnismässig doch noch immer gute Lokalisation von 2 cm durchschnittlichen Fehlers zurückzuführen sei. Ihren Hauptwert für die Reproduktion sehe ich darin, dass sie geeignet sind, in den Fällen, in denen die Zwischengedanken weit von ihrem Ausgangspunkte

abgeschweift sind, ein Mittel abzugeben, mit Hülfe dessen die berührte Stelle wieder ins Gedächtnis zurückgerufen wird.« (S. 291 und 292).

Barth (10) hat einige Versuche über die Lokalisation der Tasteindrücke mit Hülfe des Gesichtssinnes angestellt: es werden auf der Haut 12 Punkte mit Tinte notiert, dann nach einer gewissen Zeit betrachtet die Versuchsperson einen dieser Punkte mit der Absicht, die Stelle im Gedächtnisse zu behalten, schliesst die Augen und sucht den gesehenen Punkt mit einer Spitze, die in der anderen Hand gehalten wird, zu berühren. Die Fehler waren dabei etwas geringer (7,9 mm) als bei der Weber'schen Methode; ich werde weiterhin auf ähnliche Versuche eingehen, die ich selbst ausgeführt habe. 7.

Der Einfluss des Gesichtssinnes und hauptsächlich der Gesichtsvorstellungen auf die Lokalisation der Tasteindrücke ist eingehend von Pillsbury (129) untersucht worden. Die untersuchte Hautstelle war die Volarseite des Vorderarmes. In der ersten Reihe wurde ein Punkt berührt, die Versuchsperson hatte die Augen geschlossen, sie musste sich bemühen, keine Gesichtsvorstellung von der berührten Hautstelle zu haben, sondern nur auf den Tasteindruck zu achten, und musste mit einer Spitze den berührten Punkt aufsuchen. In der zweiten Reihe wurde bei sonst völlig gleichen Umständen die Versuchsperson aufgefordert, sich ein möglichst genaues Gesichtsbild von der Hautstelle zu entwerfen. Endlich in der dritten Reihe hatte die Versuchsperson die Augen offen, sie sah aufmerksam auf die Hautstelle, während diese berührt wurde, dann schloss sie die Augen und suchte mit einer Spitze den berührten Punkt auf. Es ist also in dieser letzten Reihe ein Zusammenwirken des Tasteindrucks und des Gesichtsbildes vorhanden. 8.

Nur eine Versuchsperson konnte die erste Versuchsreihe ausführen, d. h. absichtlich die Entwickelung des Gesichtsbildes hemmen, alle anderen 5 Versuchspersonen hatten immer Gesichtsbilder von der berührten Hautstelle.

Die Fehler wurden in Millimetern gemessen und es wurde jedes mal die Richtung notiert. Die verschiedenen Richtungen sind in acht Gruppen eingeteilt: rechts (R.), links (L.), distal (D.), proximal (P.), Links-Distal (L.-D.), Rechts-Distal (R.-D.), Links-proximal (L.-P.) und Rechts-proximal (R.-P.).

Ich gebe in nachstehender Tabelle die Resultate wieder; von den zwei Versuchspersonen kann die erste von dem Gesichtsbilde abstrahieren, die zweite nicht.

Richtung	Versuchsperson T.			Versuchsperson Wn.		
	ohne Gesichtsbild	mit Gesichtsbild	Augen offen	ohne Gesichtsbild	mit Gesichtsbild	Augen offen
Distal	8,35 mm	4,09 mm	3,95 mm	4,26 mm	4,56 mm	3,03 mm
Proximal	8,59 »	4,76 »	5,20 »	4,76 »	5,03 »	2,84 »
Rechts	6,65 »	2,45 »	3,18 »	2,28 »	3,52 »	2,35 »
Links	7,57 »	5,11 »	3,27 »	3,38 »	3,49 »	2,62 »
R.-D.	6,78 »	4,80 »	4,49 »	4,10 »	5,19 »	3,00 »
L.-D.	6,88 »	4,92 »	5,28 »	3,03 »	3,58 »	3,79 »
R.-P.	9,03 »	5,28 »	4,78 »	5,03 »	4,62 »	2,78 »
L.-P.	7,13 »	6,88 »	5,14 »	5,21 »	2,95 »	2,74 »
Summe	60,98 mm	38,29 mm	34,39 mm	32,37 mm	32,94 mm	23,15 mm

Man sieht erstens, dass die Lokalisation am genauesten ist, wenn die Versuchsperson während der Berührung die Haut ansieht, am wenigsten genau, wenn man keine Gesichtsvorstellung von der Hautstelle hat.

Was die Richtung der Fehler betrifft, so findet auch Pillsbury wie Lewy, dass die Fehler vorzugsweise in der longitudinalen Richtung, und öfters in distaler als in proximaler Richtung begangen werden. Die Bevorzugung der distalen Richtung sucht Pillsbury durch die Uberschätzung der Beugebewegungen und die Unterschätzung der Streckbewegungen zu erklären; er erinnert an die Resultate, die darüber von Loeb erhalten worden sind.

Die Untersuchung von Pillsbury scheint also zu zeigen, erstens dass die Gesichtsvorstellungen einen nicht unbeträchtlichen Einfluss auf die Lokalisationsschärfe ausüben, und zweitens dass die »*Lokalisationsbewegungen*« ebenfalls auf das Resultat der Lokalisation einwirken. Es ist daher interessant, zu sehen, wie weit die Lokalisationsbewegungen, allein genommen, zu einer Lokalisation der Tasteindrücke führen können.

Aubert und Kammler haben schon im Jahre 1858 gefunden, **9.** dass, wenn man die Versuchsperson auffordert, mit dem linken Zeigefinger einen berührten Punkt des rechten Vorderarmes wieder zu berühren, die Versuchsperson sehr unsicher über die Lage des linken Zeigefingers ist, bevor sie einen Punkt des rechten Armes berührt hat; oft kam es vor, dass diese erste Berührung 10 cm oder mehr von dem wirklich vorher berührten Punkte entfernt war (S. 176). Barth (10) hat einige hierher gehörige Versuche gemacht, er giebt aber die Methode nicht genau an. Ich habe auch einige Versuchsreihen über diese Frage ausgeführt; über die ich im II. Bande der Année Psychologique berichtet habe, endlich erschien in der letzten Zeit eine Arbeit von Parrish (122) über diesen Gegenstand. Bevor ich zu meinen Versuchen übergehe, will ich die Versuche von Parrish besprechen.

Die Versuchsperson hielt (in den Versuchen von Parrish) ihren **10.** Vorderarm horizontal vor sich auf einem Tische, die Volarseite war nach oben gerichtet; der andere Arm hing frei herunter oder lag auf dem Knie; in einigen wenigen Versuchen war dieser Arm gegen die Brust gedrückt. Der Experimentator berührte einen Punkt des Vorderarmes und die Versuchsperson musste bei geschlossenen Augen mit einem Stift, den sie in der anderen (freien) Hand hielt, auf die berührte Stelle zeigen, ohne sie jedoch zu berühren. Es fand also eine Lokalisation durch blosse Bewegung statt. Vier Reihen wurden mit jeder der vier Versuchspersonen gemacht: 1. Die Versuchsperson lokalisierte auf die ihr natürlichste Weise, normale Reihe; 2. die Versuchsperson musste möglichst gut die Hautstelle sich visuell vorstellen; 3. sie musste von der Gesichtsvorstellung abtrahieren, und sich bemühen, den Arm nicht visuell vorzustellen; 4. während der Berührung hatte die Versuchsperson die Augen offen und sah auf die berührte Stelle hin, dann schloss sie die Augen und führte die Lokalisation aus.

Die Fehler wurden ebenso wie bei Pillsbury registriert, nur mit dem Unterschiede, dass die Resultate für beide Hände gesondert betrachtet wurden. Die Versuche sind nur auf der Volarseite des Vorderarmes gemacht worden. — Die folgende Tabelle enthält die Resultate für alle vier Versuchspersonen. Von den vier Versuchspersonen hatten drei (Py., Mr. und Ph.) gewöhnlich gute Gesichts-

vorstellungen, sie konnten nicht von der visuellen Vorstellung des Armes abstrahieren; man sieht, dass bei ihnen keine eindeutigen Unterschiede zwischen der zweiten und dritten Reihe bestehen. Nur bei Ph. ist die Grösse der Fehler bedeutender in der dritten Reihe, als in der zweiten. Die vierte Versuchsperson Mn. hatte dagegen gewöhnlich keine deutlichen Gesichtsvorstellungen, sie konnte sehr leicht von dieser Vorstellung abstrahieren. Man sieht, dass bei ihr ein grosser Unterschied zwischen der zweiten und der dritten Reihe besteht. Bei allen aber ist die Lokalisation am genauesten, wenn sie die berührte Stelle vor der Lokalisation gesehen hatten.

Versuchspersonen	Reihen	Rechte Hand	Linke Hand	Mittel
Py.	Normal	20,7 mm	21,2 mm	20,9 mm
	Mit Gesichtsvorstellung	20,5 »	26,6 »	23,5 »
	Ohne »	27,02 »	30,6 »	28,8 »
	Augen offen	15,8 »	15,8 »	15,8 »
Mr.	Normal	23,6 mm	43,5 »	33,5 »
	Mit Gesichtsvorstellung	21,7 »	36,4 »	29,0 »
	Ohne »	44,3 »	24,6 »	34,4 »
	Augen offen	28,0 »	17,9 »	22,9 »
Mn. kann abstrahieren von der Gesichtsvorstellung	Normal	19,6 »	23,5 »	21,5 »
	Mit Gesichtsvorstellung	26,8 »	28,1 »	27,4 »
	Ohne »	45,3 »	41,5 »	43,4 »
	Augen offen	12,3 »	11,9 »	12,3 »
Ph.	Normal	23,8 »	33,3 »	28,5 »
	Mit Gesichtsvorstellung	24,9 »	23,9 »	24,4 »
	Ohne »	35,1 »	39,06 »	37,08 »
	Augen offen	16,9 »	15,6 »	16,2 »

Man sieht, dass die Gesichtsvorstellungen einen Einfluss auf die Genauigkeit der Lokalisation haben können.

Die Mehrzahl der Fehler ist in der Richtung zur Hand gemacht worden, in dieser Richtung sind auch die Fehler am grössten. Endlich, wenn man die Versuche von Pillsbury mit denen von Parrish

vergleicht, so sieht man, dass bei der Lokalisation durch Bewegung allein die Fehler grösser, als bei der Lokalisation durch Berührung sind.

Die Erklärung der Resultate hat PARRISH ebenso wie PILLSBURY 11. in der Überschätzung der Beugebewegungen und der Unterschätzung der Streckbewegungen gesucht. Die Angaben von PARRISH sind sehr unvollständig in Bezug auf die Art, wie die Versuchsperson ihren lokalisierenden Arm bewegte. Es sind in dieser Beziehung viele Faktoren in Betracht zu ziehen, wie ich weiter zeigen werde. Ein Punkt ist von PARRISH nicht beachtet worden, nämlich, wenn die Versuchsperson berührt wird, und sie dann den berührten Punkt mit der Bewegung lokalisieren muss, so lokalisiert sie gewiss die scheinbare Stelle des Reizes; diese kann aber ziemlich viel von der wirklichen abweichen, wie ich weiter zeigen werde. Man berührt z. B. auf der Mitte des Vorderarmes einen Punkt in 8 cm Entfernung von dem Handgelenk, die Versuchsperson stellt einen 5 cm vom Handgelenk entfernten Punkt vor; nun sucht sie einen 5 cm vom Handgelenk entfernten Punkt durch Bewegung zu lokalisieren, und selbst wenn sie diesen Punkt richtig lokalisiert, so macht sie im Vergleich zur wirklichen Lage des berührten Punktes einen Fehler von 3 cm in der Richtung zum Handgelenk. Die soeben angeführten Zahlen sind nicht hypothetisch, sondern Versuchen, die ich gemacht habe, entnommen. Nun werde ich aber weiter zeigen, dass bei Berührung eines Punktes auf dem Vorderarme man sich die Lage des Punktes zu nahe dem Handgelenk hin visuell vorstellt. Es kann also nicht als bewiesen gelten, dass die grössere Häufigkeit und Ausgiebigkeit der in der Richtung zum Handgelenk begangener Fehler auf einer Überschätzung der Beugebewegungen beruhe. Diese Frage wird weiterhin näher erörtert werden.

Eigene Versuche.

Lokalisation mit Berührung. Zwei Versuchsreihen wurden gemacht:

1. Die Versuchsperson sitzt mit geschlossenen Augen und hält in der linken Hand eine Spitze. Ich berühre einen Punkt der 12. rechten Hand oder des rechten Vorderarmes (Dorsalseite), die Versuchsperson sucht dann den von mir berührten Punkt selbst mit der Spitze zu berühren. Die Spitze, welche von der Versuchsperson

gebraucht wird, ist ein kleines Glasrohr mit ausgezogener Spitze, in der sich Tinte befindet. Jede Berührung der Haut hinterlässt einen schwarzen Punkt, und nach der Lokalisation werden alle berührten Punkte auf eine Zeichnung des Armes übertragen; es wird also nicht nur das Endresultat notiert, sondern auch der ganze Weg, den die Versuchsperson bei der Lokalisation verfolgt hat. Es ist, wie man sieht, die Weber'sche Lokalisationsmethode.

2. Es wird vor jedem Versuch ein Punkt auf der Haut mit Tinte notiert, ohne dass dabei die Haut merklich berührt wird; dann öffnet die Versuchsperson die Augen und sieht den markierten Punkt, sie muss versuchen, diesen Punkt sich zu merken, dann schliesst sie die Augen, bewegt den rechten Vorderarm auf der Ebene des Tisches z. B. um 30° und sucht den gesehenen Punkt mit einer Spitze zu berühren. Es ist dies ein Verfahren, welches schon von Barth gebraucht wurde, und ich betone, dass die Versuchsperson den rechten Arm vor der Lokalisation bewegt, damit beim Fixieren des Punktes nicht die Grösse der zu machenden Lokalisationsbewegung vorbereitet werden kann. Die Grösse dieser Bewegung variiert von einem Versuch zum anderen.

13. Die Versuche waren keine quantitativen, ihr Zweck war nicht, die Grösse der Fehler zu bestimmen, sondern es handelte sich um qualitative Versuche, d. h. um eine Sammlung von Selbstbeobachtungen. Deswegen ist auch die Zahl der gemachten Versuche gering. In der ersten Reihe wurden nämlich 55 und in der zweiten Reihe 84 Versuche gemacht; nach jedem Versuche wurde die Versuchsperson gebeten, zu sagen, wie sie die Lokalisation gemacht hatte. Es wurden jedoch keine bestimmten Fragen von mir gestellt, um nicht die Versuchsperson zu beeinflussen; nur nach einer Anzahl von Beobachtungen stellte ich einige Hülfsfragen; z. B. wenn die Versuchsperson sagte, dass sie an die Qualität der Empfindung gedacht habe, so stellte ich manchmal die Frage: »was verstehen sie unter Qualität der Empfindung?«

Man muss überhaupt sehr vorsichtig bei der Sammlung von Selbstbeobachtungen sein, man muss die Versuchsperson kennen und man muss auf jedes Wort, das man ihr sagt, achten; alles was die Versuchsperson und was man selbst sagt, muss sofort genau notiert werden; nur unter solchen Bedingungen können die Selbstbeobach-

tungen irgend einen Wert besitzen. Es muss unbedingt von allen denjenigen Selbstbeobachtungen abgesehen werden, für welche man vermutet, dass die Versuchsperson beeinflusst wurde. Eine weitere Regel betreffs der Verwertung der Selbstbeobachtungen bezieht sich auf die Koincidenz der Antworten bei verschiedenen Versuchspersonen: nur denjenigen Beobachtungen kann man irgend einen Wert beilegen, die bei mehreren Personen gleich sind; die einzelnen Ausnahmsfälle muss man dagegen zur Seite legen und daraus wenigstens bis auf weiteres keine Schlüsse ziehen. Ich betone diese »selbstverständlichen« Vorsichtsmassregeln, weil sie in vielen Arbeiten nicht beachtet sind.

14. Bei allen meinen Versuchspersonen (Arrer, Brahn, Jost und Rodoslawoff) besteht ein prinzipieller Unterschied zwischen den beiden oben beschriebenen Lokalisationsmethoden. Wenn nämlich ein berührter Punkt lokalisiert wird, so spielt die Tastempfindung eine wichtige Rolle; wenn dagegen ein gesehener Punkt lokalisiert wird, so kommt hauptsächlich die Gesichtsvorstellung in Betracht. Ich gehe zur genaueren Beschreibung der Verhaltungsweisen der Versuchspersonen in den beiden Reihen über.

Lokalisation eines gesehenen Punktes. Die Versuchsperson muss bei dieser Methode einen auf der Haut markierten Punkt eine Zeit lang ansehen, mit der Absicht diesen Punkt dem Gedächtnisse einzuprägen, um dann bei geschlossenen Augen ihn durch Berührung aufsuchen zu können. Diese Einprägung der Lage des markierten Punktes geschieht mit Hülfe zweier Haupthülfsmittel.

Erstes Hülfsmittel. Während der Fixation des Punktes merkt sich die Versuchsperson, in welchen Entfernungen von gewissen umgebenden Anhaltspunkten sich derselbe befindet. Als Anhaltspunkte werden Hautstellen gewählt, von denen man weiss, dass man sie leicht durch die Berührung auffinden wird; es sind z. B. Leisten, Gelenke, Ränder, Knöchel, Sehnen etc.

Zweites Hülfsmittel. Nachdem man die relative Lage des Punktes in Bezug auf Anhaltspunkte sich gemerkt hat, wendet man die Aufmerksamkeit auf die Tastempfindung, welche bei der Berührung des markierten Punktes entstehen müsste. Man sagt sich dabei z. B., »es wird eine stumpfe und weiche Empfindung sein«, oder »es ist eine harte Unterlage und rechts ist ein weicher Muskel«, oder

auch »es ist eine Vene, also ich muss recht leise berühren und dann eine sehr weiche Empfindung haben« u. dergl. mehr. Diese Vergegenwärtigung der Art des Tasteindrucks kommt hauptsächlich bei Hautstellen vor, wo der Tasteindruck eine ausgeprägte Qualität besitzt. An einigen Hautstellen dagegen, wie in der Mitte des Vorderarmes, kommt sie gar nicht in Betracht.

Ich bemerke hier, dass bei einer Versuchsperson (Dr. Jost) dieses zweite Hülfsmittel fast gar nicht Verwendung fand.

Sobald die Versuchsperson glaubt, dass sie die Lage des Punktes mit genügender Sicherheit kennt, schliesst sie die Augen, bewegt etwas den Arm, auf welchem der markierte Punkt liegt, und sucht den Punkt mit einer Spitze zu berühren. Sie verfährt dabei nicht immer auf eine und dieselbe Weise.

In vielen Fällen sucht sie zuerst irgend einen von den Anhaltspunkten auf, und geht dann von diesem Anhaltspunkte zu dem gesuchten Punkte über, wobei sie sich die Lage des Punktes in Bezug auf diesen Anhaltspunkt visuell vorstellt; dann wiederholt sie dasselbe Verfahren mit den anderen Anhaltspunkten. Sie kommt auf diese Weise in die Nähe des gesuchten Punktes. — Nun achtet sie genau auf die Tastempfindung, sie vergleicht dieselbe mit der zu erwartenden Tastempfindung (zweites Hülfsmittel), und im Falle eines Unterschiedes zwischen der erwarteten und der erhaltenen Tastempfindung korrigiert sie ihre Einstellung bis zur völligen Übereinstimmung.

In einigen Fällen hingegen sucht die Versuchsperson sofort den gesehenen Punkt auf, und stellt sich dann die Entfernungen des berührten Punktes von den Anhaltspunkten visuell vor. Sie probiert dann so lange herum, bis sie die erforderlichen Entfernungen und die erforderliche Tastempfindung gefunden zu haben glaubt.

15. Es ist also bei dieser Lokalisationsmethode zunächst das visuelle Bild massgebend, und nur für die genauere Bestimmung der Lage des Punktes macht man von der Tastempfindung Gebrauch.

Wenn man die successiven Berührungen, welche die Versuchsperson beim Aufsuchen macht, verfolgt, so sieht man, dass zuerst die Berührungen einige Centimeter von einander entfernt sind, dann aber immer näher und näher an einander rücken, um am Ende einander bis auf einige Millimeter (2—4) nahe zu rücken. Es ist inter-

essant, hier zu bemerken, dass auch auf dem Vorderarme, wo die Fehler oft mehrere Centimeter gross sind, die Versuchsperson die letzten Berührungen nur um 3—5 Millimeter verschiebt.

Die vorgestellte Tastempfindung bewirkt manchmal ziemlich grosse Fehler, weil die Versuchsperson sich die zu erwartende Tastempfindung nicht richtig vorgestellt hat. Wenn der markierte Punkt auf einer Stelle liegt, die leicht durch die Tastempfindung erkannt werden kann (Leiste, Knöchel, Gelenk), so ist der Lokalisationsfehler gering (2—4 mm). Je weniger Anhaltspunkte in der Nähe des Punktes liegen und je weiter der Punkt von ihnen entfernt ist, desto grösser ist der Lokalisationsfehler. Auf dem Vorderarme z. B. beträgt er 2—6 cm in der longitudinalen Richtung des Armes, in der queren Richtung dagegen ist der Fehler sehr gering (kaum 1 cm).

16. Zwei Versuchspersonen (Arrer und Brahn) haben bemerkt, dass sie beim Aufsuchen des Punktes nicht immer mit gleicher Stärke die Haut berühren; manchmal berühren sie stärker, wenn es sich zum Beispiel um eine Hautstelle handelt, die auf einer harten Unterlage (Knochen oder Sehne) liegt, in anderen Fällen, wenn der Punkt auf einem sehr weichen Teile liegt, berühren sie sehr schwach. Im allgemeinen wird von ihnen diejenige Intensität der Berührung gewählt, bei der die spezifische Qualität der Tastempfindung am deutlichsten hervortritt. —

17. Lokalisation eines berührten Punktes.

Bei der Lokalisationsmethode, wo ein berührter Punkt von der Versuchsperson lokalisiert wird, kommt in erster Linie die Qualität der Tastempfindung in Betracht, aber eine Mitwirkung der Gesichtsvorstellung ist nicht ausgeschlossen; wie alle Versuchspersonen gesagt haben, ist die Gesichtsvorstellung eine wesentliche Hülfe dafür, die gesuchte Stelle im Gedächtnisse zu behalten, denn die Berührungen beim Aufsuchen des Punktes stören das Behalten der Tastempfindung, und hier kommt die Gesichtsvorstellung zu Hülfe.

Die Grösse der Fehler ist im allgemeinen bei dieser Methode geringer als bei der vorigen; besonders deutlich tritt dieser Unterschied auf dem Vorderarme hervor. Es wäre interessant gewesen, eine dritte Lokalisationsmethode zu untersuchen, nämlich die Haut der Versuchsperson zu berühren, während sie auf den berührten Punkt sieht, dann müsste sie die Augen schliessen und den Punkt mit einer

Spitze aufsuchen. Diese Methode ist von PILLSBURY, wie wir oben gesehen haben, gebraucht worden, und er fand dabei viel geringere Fehler, als bei der WEBER'schen Lokalisationsmethode.

18. Lokalisation mit Bewegungen allein.

Es ist von einigen Autoren (z. B. KÜLPE) behauptet worden, dass die »Lokalzeichen« Bewegungsimpulse oder Bewegungsvorstellungen seien, die nötig seien, um die betreffende Hautstelle mit dem Zeigefinger zu berühren. Es war nun wichtig, zu untersuchen, in wie weit die Lokalisationsbewegungen allein ohne Kontrolle des Gesichtssinnes oder der Tastempfindung zur Lokalisation eines Tasteindrucks führen können? Denn erstens ist es wichtig zu wissen, welchen Einfluss die Lokalisationsbewegung bei der Lokalisation eines Tasteindrucks nach der WEBER'schen Methode haben kann, und zweitens konnte man hoffen, durch diese Untersuchung eine Prüfung der Theorie von KÜLPE und anderer zu erhalten. In der That, wenn die Lokalzeichen in Bewegungsimpulsen bestehen, so müsste zu erwarten sein, dass die Lokalisation eines Eindrucks mit Bewegung allein auf den mit feinerem Raumsinne begabten Hautstellen genauer als auf den weniger empfindlichen ist. Um diese Frage zu beantworten, habe ich mehrere Versuchsreihen gemacht.

1. Die Versuchsperson hat die Augen geschlossen oder zugebunden, den rechten Vorderarm hält sie vor sich mit der Dorsalseite nach oben, die linke Hand hängt an der Seite herab oder liegt auf dem Knie; es wird ein Punkt des rechten Vorderarmes oder der Hand berührt, die Versuchsperson muss mit dem linken Zeigefinger die berührte Stelle zeigen, das heisst, sie muss den linken Zeigefinger so stellen, dass dessen Spitze 1—2 cm über dem berührten Punkte zu liegen scheint. Die Berührung dauert während der Lokalisation fort; wenn die Versuchsperson mit dem Zeigefinger zu nahe an den rechten Vorderarm oder die rechte Hand kommt, so sage ich »halt«. Es wird die Grösse des gemachten Fehlers bis auf $\frac{1}{2}$ cm genau gemessen und die Richtung desselben gleichfalls notiert.

2. Da es sich bei dem soeben geschilderten Versuchsverfahren um die Lokalisation eines berührten Punktes handelt, so könnte man glauben, dass bei demselben die Versuchsperson sich die Lage des berührten Punktes nicht richtig vorstelle und dass sie daher nicht den wirklich berührten, sondern den vorgestellten Punkt lokalisiere.

Der bei jenem Verfahren begangene Fehler sei mithin ein Resultat von zwei Fehlern. Es war also wichtig, diese Fehler zu trennen. Bei dieser zweiten Versuchsreihe nannte ich der Versuchsperson eine Hautstelle, z. B. Nagel des Ringfingers oder Mitte des Handgelenks etc., oder ich zeigte ihr vor dem Versuch eine Hautstelle auf einem Gypsmodell ihres Armes und bat sie, die genannte oder gezeigte Stelle wie vorher mit dem linken Zeigefinger zu lokalisieren.

3. Das Verfahren bei dieser dritten Versuchsreihe stellt die Umkehrung des vorigen Verfahrens dar: ich nehme den linken Zeigefinger der Versuchsperson und halte ihn über irgend eine Stelle des rechten Vorderarmes oder der rechten Hand; die Versuchsperson wird gebeten, die Hautstelle zu beschreiben, oder nachher auf einem Gypsmodell zu zeigen.

4. Es war interessant, eine andere Art von Lokalisationsbewegungen, als die mit dem Arme zu untersuchen, um die Resultate vergleichen zu können. Ich wählte die Augenbewegungen, denn man ist ja ebenso gewöhnt seine Hand mit der anderen zu berühren, wie sie anzusehen. Die Versuche bestanden darin, dass der rechte Unterarm und die Hand unter eine Platte gelegt wurden; die Versuchsperson sah weder Hand und Vorderarm noch den Oberarm. Auf der Platte befand sich eine Einteilung in Quadrate; es wurde eine Stelle des Vorderarmes oder der Hand der Versuchsperson genannt, sie musste mit den Augen diese Stelle vertikal fixieren und dann den Punkt der Platte, der über dem fixierten Punkte zu liegen schien, angeben. Es war leicht zu bestimmen, wo wirklich die genannte Stelle unter der Platte lag. Der Unterschied der gezeigten und wirklichen Lage giebt den Fehler an; ich werde weiterhin den gebrauchten Apparat beschreiben.

Die Zahl der Versuchspersonen und angestellten Versuche sind folgende: erste Reihe fünf Versuchspersonen 365 Versuche; zweite Reihe zwei Versuchspersonen 86 Versuche; dritte Reihe zwei Versuchspersonen 130 Versuche; vierte Reihe zwei Versuchspersonen 154 Versuche. Ich bemerke noch, dass nach jedem Versuche die Versuchsperson ihre Selbstbeobachtung angab, dass für zwei aufeinanderfolgende Versuche zwei entfernte Stellen gewählt wurden, und dass an einem Versuchstage (10 bis 12 Versuche) selten dieselbe Stelle zwei

mal vorkam. Diese Bemerkungen gelten auch für die obigen Versuche über die Lokalisation mit Berührung.

19. Erste Reihe. Das wichtigste Resultat, welches bei allen Versuchspersonen erhalten wurde, ist dies, dass die Lokalisationsfehler auf den Fingern ebenso gross und oft grösser sind, als auf dem Vorderarme. Die Grösse der Fehler ist individuell verschieden; einige (Judd, Heller) machen geringere Fehler, andere dagegen grössere; in den folgenden Tabellen sind die Grössen der Fehler mit ihrer Richtung wiedergegeben. Ich ziehe keine Mittelwerte, da die Zahl der Versuche zu gering ist. Die Grössen der Fehler sind in Centimetern angegeben. Die Richtung derselben ist durch einen Pfeil bezeichnet; die vertikale Richtung von unten nach oben zeigt nach den Fingern. Bei zwei Versuchspersonen sind in den Tabellen auch die Fehlerwerte für die zweite und dritte Reihe angegeben, d. h. für die Reihe, in der eine genannte Stelle lokalisiert wird, und für die Reihe in der die Versuchsperson die Lage des Zeigefingers beschreiben muss (passive Bewegungen).

Finger

links ← → rechts

Ellenbogen

Versuchsperson Dr. Grotenfeld. Lokalisiert mit dem linken Zeigefinger.			
Hautstellen	1. Reihe. Lokalisation eines berührten Punktes	2. Reihe. Lokalis. eines gesagten Punktes	3. Reihe
3. Phalanx, Index	2½→, 6→, 5↘, 4½↘	2½↘, 3½↘, 4↘	1←
» Medius	10→, 12→	1½↘, 2↘	3½↘, 1½↗
» Kleinfinger	3→	2←, 1↑	—
2. Phalanx, Index	2↗, 5↘	2½↘, 2↓, 4↙	1↑, 2↑
» Ringfinger	1←, 3½↘	2½←, 2↙	2↗, 1½↗
» Kleinfinger	3←	4←	1↘
» Daumen	6½↘, 9↘, 7↘, 8↘	—	—
1. Phalanx, Index	4→, 8↘, 7↘	3↘	—
Metacarpalkopf, Medius	5↗, 11→	2↗, 1↗, 2½→	—
» Kleinfinger	4↗	—	—
» Daumen	3→, 3→, 3↘	3↘, 2½↘, 4↗	6↓, 6↓
Mitte des Handrückens	2↗, 2½↗, 2→, 5↘	5↑, 1↑, 3↗	5↓, 5↓, 6↓, 7↓
Untere Drittel des Handrückens in der Mitte	4↗, 4↗, 5↗	1½↗, 2↑	1↓, 1↓
Untere Drittel d. Handr., linke Seite	1½↗, 2½↗, 15→, 20↘	—	—
Handgelenk	12↘, 4↘, 3↘, 2½↗, 8→, 10↘	10↘	5↓, 3↓, 3↓
Handknöchel	5→, 4½↗, 4↘	5½↖, 6↑, 5½↑, 2½↗	0, 0, 7↙
Vorderarm, 5 cm vom Handgelenk	2↗, 2½↘, 10↘, 5½↘	—	—
» 10 » » »	2↑, 8↘, 8↘	5↑, 9↘	5↓
» 15 » » »	3↗, 2½↘, 2↘	—	—

Man sieht, dass von Dr. Grotenfeld die meisten Fehler in der Richtung von links nach rechts begangen wurden, d. h. die Versuchsperson macht eine zu grosse Bewegung mit der linken Hand; in der Grösse der Lokalisationsfehler sieht man keine deutliche Regelmässigkeit hervortreten; in jedem Falle sind die Fehler auf den Fingern nicht kleiner, als auf dem Vorderarme.

Versuchsperson Dr. Rädler. Lokalisiert mit dem linken Zeigefinger.

Hautstellen	Lokalisationsfehler mit Richtung
3. Phalanx, Daumen	4↙, 3↓, 5↓
» Index	4↘, 3↘, 6↓
» Medius	1↓, 1↓, 8↓, 6↘, 8↘
» Ringfinger	3↙, 2↙
» Kleinfinger	4↙, 4↘
2. Phalanx, Daumen	2½↙, 3↓, 2↖
» Index	1↖, 2→, 4↘, 4↗
» Medius	5↘, 4↘, 3↓
» Ringfinger	3½↓, 3½↙
» Kleinfinger	1½↙, 4↘
1. Phalanx, Index	2½↓, 4½↓, 8→
» Kleinfinger	1↙, 4↙
Metacarpalkopf, Index	2↓, 3↘, 5½↘, 3½↘
» Medius	4½↓, 3½↘, 4↘
» Ringfinger	1½←, 3↙, 3½↓
» Kleinfinger	2½←, 2↙, 6½↙
Mittl. Teil d. Handrückens, links	3→, 1½→, 2½→, 1½→, 2½↘, 2½↘, 2↗
» » » » Mitte	3↙, 3↖, 1½↙, 3↓, 3½←, 1½←
» » » » rechts	5½←, 4½←
Mitte des Handgelenks	4½↖, 10↙, 2↙, 3½↓
Handknöchel	1½←, 4↖, 1←, 2↗, 6↓
Mitte des Vorderarmes, 3 cm vom Handgelenk	3½↖, 2½↙, 5½↓, 3½↘
Mitte des Vorderarmes, 5½ cm vom Handgelenk	2½↘, 4½↙, 4½↙, 6↙
Mitte des Vorderarmes, 8 cm vom Handgelenk	6½↓, 10↙, 5½↙, 3↙
Mitte des Vorderarmes, 14 cm vom Handgelenk	3↖, 5↙
Rechte Seite d. Vorderarmes, 4 cm vom Handknöchel	4↖, 5↙
Rechte Seite d. Vorderarmes, 10 cm vom Handknöchel	4½↖, 5↙, 5↙
Rechte Seite d. Vorderarmes, 14 cm vom Handknöchel	5↖, 5↙

Versuchsperson Dr. Judd. Linke Hand berührt, lokalisiert mit dem rechten Zeigefinger.

Hautstellen	1. Reihe	2. Reihe	3. Reihe
3. Phal. Ringfinger . . .	3½↙, 2½↘, 4↓	5½↓, 4↘, 2½↓	—
» Medius	3½↓, 2½↘, 1↗	4↘, 1½↘, 3↘	6↖, 3↖, 1½↑
» Index	2↘, 1↘, 2→	4½↓, 1↙, 5↘, 2↘, 2→	4←, 5↖, 4↖, 4↖
2. Phal. Kleinfinger . . .	1↙, 2↘, 2½→	2↙, 3↙, 8↘, 2½↘, 4↗	—
» Ringfinger . . .	2½↓, 2↘, 1→, 1↙	5↘, 3↘, 5↘	2←, 1↑, 5↗, 3↖
» Medius	1½↘, 3↘, 2↙, 1½↘, 0	4↓, 5½↘, 2↘, 1½↘, 3↘	2½↙, 4↖, 0
» Index	0, 3↓, 3↘	—	0, 4←, 6↖
» Daumen	2½↘, 3↙	5↘, 3↙	5↖, 6←, 3←
1. Phal. Ringfinger . . .	1↑, 1→	3↓, 3½↘, 5½↘	—
» Medius	1½↗	5½↙, 1½→	1½←, 5↖, 1½↑, 1½↑, 1½↑
» Index	2½↙, 3↓	1½↘	3↖, 1½↑, 1½↑, 2½↓
Metacarpalkopf, Ringfinger	1½←, 1↗, 1→	3↙, 5↓, 1½↗	2→
» Medius . .	1←, 1½↙, 1→	—	2←, 2←
» Index . .	2↘, 2↘	1←, 2↙, 4↙, 1½↑	0, 2½←, 2½←, 4↖
Daumenballen, dorsal . .	4↗, 2↙, 3½↓, 2↘	2½↖, 3½↙, 3½↘	5½↖, 5↖, 3↖
Mitte des Handrückens . .	1↖, 3½↙, 2↓, 2½↘	1½↙, 2½↓, 2↓, 1½↓	5↑, 5↖, 6↖, 5←, 3↖
Unteres Drittel d. Handr.	2½↗	3½↖, 2½↓, 2↗, 4↓, 2↗	7½↖, 2½↖
Mitte des Handgelenks . .	2↖, 2↓, 1½↓, 1½→, 1½→	1½↓, 2½↓, 1→, 2←, 1½↘	6½↖, 2½←, 2½←, 2½←, 2½←
Handknöchel	1½↘, 1→, 2↙	2↖, 3↖, 6↖	4½↙, 2½↙, 3↙
Vorderm. 6 cm v. Handgel.	2½↖, 2←, 3←, 4↙, 3↙	—	2↑, 3↖, 3↖, 3½↑, 6↖
» 8½ » » »	4↙, 4½↙	—	—
» 11 » » »	1←, 5½←, 3↙, 3←	—	4↑, 1↓, 1↓
» 15 » » »	2½↖, 4↙	—	1½↓

Wenn man die Resultate bei Rädler betrachtet, so sieht man, dass bei der Lokalisation eines Punktes auf der linken Seite der rechten Hand die Fehler meistens nach rechts gemacht werden, d. h. er bewegt den linken Arm zu weit.

Wenn dagegen der berührte Punkt (den die Versuchsperson lokalisieren muss) auf der rechten Seite der Hand ist, so werden die meisten Fehler nach links gemacht, d. h. er bewegt den linken Arm zu wenig. Ferner ist die grösste Zahl der Fehler auf der Hand auch gegen das Handgelenk gerichtet, d. h. die Beugebewegung des linken Armes ist zu gross. Auf dem Vorderarm wird gewöhnlich der Fehler nach links begangen, die Bewegung des Armes ist also hier nicht gross genug. Was endlich die Grösse der Fehler beträgt, so ist sie auf den Fingern nicht geringer, als auf den übrigen Teilen der Hand und dem Vorderarme.

Bei Dr. Judd war die linke Hand berührt, und er lokalisierte mit dem rechten Zeigefinger. Die meisten Fehler auf den Fingern und auf der Hand sind gegen das Handgelenk oder etwas nach rechts begangen worden; auf dem Vorderarm dagegen sind die Fehler nach links gemacht worden. Wenn man bedenkt, dass die Bewegungen um das Ellenbogengelenk eine Verschiebung des Zeigefingers zum Körper oder vom Körper giebt (↕), dagegen die Bewegung um das Schultergelenk bei der Lokalisation eine Verschiebung nach links oder rechts, so sieht man, dass Dr. Judd bei der Lokalisation von Berührungen auf den Fingern und der Hand die Beugebewegung im Ellenbogen zu gross, diejenige im Schultergelenke zu klein machte. Bei der Lokalisation auf dem Vorderarme war die Beugebewegung im Ellenbogengelenk etwas zu klein und die Beugebewegung im Schultergelenk zu gross.

20. Die Selbstbeobachtungen aller Versuchspersonen stimmen darin überein, dass alle sich die berührte Hautstelle visuell vorstellen; die Hand aber, mit der lokalisiert wurde, wurde gewöhnlich nicht visuell vorgestellt. Sobald die Berührung gefühlt wird, entsteht zunächst eine Vorstellung von einer allgemeinen Richtung, in der sich der berührte Punkt befindet; es ist die Richtung der Linie, die von der Schulter des lokalisierenden Armes zum berührten Punkte geht. Zuerst wird eine grosse Bewegung gemacht, die den Zeigefinger in die Nähe des berührten Punktes bringt, dann kommt eine Reihe von

kleinen Bewegungen. Bei diesen stellt sich die Versuchsperson die Stellen vor, die unter dem Zeigefinger liegen; öfters wählt die Versuchsperson Anhaltspunkte, z. B. Rand der Hand, Handgelenk, Fingerspitze u. dergl. mehr; sie sagt sich z. B., »der berührte Punkt ist etwa 3 cm weit von dem rechten Rande der Hand. Wenn ich mit dem linken Zeigefinger so weit gehe, wie jetzt (hier macht sie die betreffende Bewegung), so bin ich über dem rechten Rande, von dieser Stelle gehe ich etwas nach links und jetzt bin ich über dem berührten Punkte«. Es scheint leichter, eine hervorragende Hautstelle zu lokalisieren, als eine indifferente; aber ich bemerke, dass mit dieser Leichtigkeit nicht ein geringerer Durchschnittswert der Lokalisationsfehler verbunden ist. Die Sicherheit der Versuchsperson ist je nach den Stellen und nach der Schnelligkeit der Lokalisation verschieden, aber alle Versuchspersonen gaben als grössten Wert des möglichen Fehlers 2 bis 3 cm an, nie mehr, obgleich in Wirklichkeit oft der Fehler bedeutend grösser war, wie man aus den obigen Tabellen sieht.

21. Eine Beobachtung wurde eindeutig von allen Versuchspersonen gemacht, es ist die unsichere Schätzung der vertikalen Entfernung des Zeigefingers von der Hand; gewöhnlich waren die Versuchspersonen durch das »halt« überrascht, sie dachten nämlich, dass ihr Zeigefinger noch 8 bis 10 cm über der ruhenden Hand wäre, während er in Wirklichkeit kaum mehr als $1\frac{1}{2}$ cm darüber war. Diese Unsicherheit über die vertikale Lage des Zeigefingers war manchmal störend.

Wir sehen also, dass die Lokalisationsbewegung allein nur eine recht ungenaue Lokalisation geben kann, die Fehler betragen mehrere Centimeter (bis 10 und mehr). Diese Fehler sind auf den Fingern ebenso gross, als auf der Hand und dem Vorderarm. Die Richtung, in welcher die Fehler vorzugsweise begangen werden, ist durch eine Über- oder Unterschätzung zweier Arten von Beugebewegungen bedingt, nämlich der im Ellenbogengelenk und der im Schultergelenk; diese Über- und Unterschätzungen sind individuell verschieden, und es kann eine Unterschätzung der Beugebewegung im Ellenbogengelenk gleichzeitig mit einer Überschätzung derjenigen im Schultergelenke vorkommen (Judd, Rädler).

22. Zweite Reihe. In dieser zweiten Reihe wurde nicht eine berührte, sondern eine genannte Hautstelle in derselben Weise, wie vorhin, lokalisiert. Ich habe wenige Versuche 86) dieser Art ge-

macht, weil sich in der vorigen Reihe so grosse Fehler ergeben hatten, dass sie sehr wenig von den Fehlern in der visuellen Vorstellung der berührten Stelle beeinflusst sein konnten. Auch diese Resultate sind in den vorigen Tabellen gegeben; sie unterscheiden sich im wesentlichen nicht von den oben beschriebenen. Die Selbstbeobachtungen haben nun gezeigt, dass hier die Versuchsperson öfter, als in der ersten Reihe, Anhaltspunkte gebraucht, und dass die Lokalisation bei indifferenten Stellen (Mitte der Hand z. B.) schwieriger war, als bei hervorragenden Stellen (Handknöchel, Metacarpalkopf u. dergl. m.).

23. Dritte Reihe. Wie erwähnt, hielt ich in dieser Reihe die Spitze des Zeigefingers der Versuchsperson über einen Punkt der anderen Hand und die Versuchsperson musste die Lage dieses Punktes beschreiben. Die Resultate zeigen (siehe Tabelle), dass die Fehler ungefähr dieselbe Grösse haben, wie in den vorigen Reihen, aber die Richtungen der Fehler sind meistens denjenigen der vorigen Versuche entgegengesetzt; so sind sie z. B. bei Judd im allgemeinen nach links und gegen die Finger begangen worden. Der Grund dieser Fehler ist derselbe, wie der der vorigen, d. h. es sind Über- oder Unterschätzungen von gewissen Beugebewegungen.

24. Vierte Reihe. Der Zweck dieser Versuchsreihe war, eine Lokalisationsart mit Bewegungen zu untersuchen, von der man mit Sicherheit behaupten kann, dass sie eine erworbene und nicht eine angeborene ist. Eine solche Lokalisationsart ist diejenige mit Hülfe der Augenbewegungen. Wir sind gewöhnt, unsere Hautstellen (besonders die der Hand) anzusehen; es fragt sich nun, wie genau diese Lokalisation ohne Hülfe des Gesichtssinnes sein kann.

Wenn wir den Arm einer Versuchsperson durch einen Schirm verdecken und sie dann auffordern, einen bestimmten Punkt der Hand (z. B. den Nagel des Mittelfingers) zu fixieren, wie genau wird diese Fixation, die mit Hülfe der Augenbewegungen allein geschieht, sein? Zur Untersuchung dieser Frage liess ich einen sehr einfachen Apparat machen. Er bestand aus einer Platte aus Mattglas, die mit den Ecken an vier Stäben befestigt war. Die Höhe dieser Platte über einem Brett und ihre Neigung liess sich leicht variieren. Auf der Platte war eine Einteilung in Quadratcentimetern angebracht, und wenn die Versuchsperson ihren Arm unter die Platte legte, so konnte man sehr leicht dasjenige Quadrat der Platte bestimmen,

welches über einem bestimmten Punkte der Hand lag. Ein Carton konnte unter die Glasplatte gelegt werden, so dass während des Versuchs die Versuchsperson ihre Hand nicht sehen konnte. Der rechte Arm war von der Schulter an der Versuchsperson vollständig verdeckt. Sie legte ihren Vorderarm mit der Hand unter die Platte, so dass der Vorderarm in einer starken Beugestellung fast parallel der Brust war; von einem Versuch zum anderen wurde die Lage des Vorderarmes geändert.

Ich legte den Carton unter die Glasplatte und forderte die Versuchsperson auf, einen bestimmten Punkt der Hand oder des Vorderarmes vertikal zu fixieren und anzugeben, welches Quadrat der Platte über dem fixierten Punkte liege. Die Versuchsperson kannte den Zweck der Versuche nicht, und wurde über die Richtigkeit oder Unrichtigkeit des jeweilig gefällten Urteiles nicht belehrt. Die Versuche sind mit zwei Versuchspersonen (Judd und Rädler) gemacht worden, die erhaltenen Resultate sind sehr eindeutig: die Fehler sind nämlich auf den Fingern sehr gering, kaum 2 cm, auf der Hand und dem Handgelenke sind sie grösser. Ich gebe hier die Zahlen für Dr. Judd, es sind die Grössen der Fehler in *Centimetern* und die Richtungen derselben mit Pfeilen angegeben. Die Bedeutung der Pfeile ist aber hier nicht dieselbe, wie früher; denn der Vorderarm lag parallel der Frontalebene der Versuchsperson, daher bedeutet ein vertikaler Pfeil von unten nach oben, dass der Fehler in der Richtung zum ulnaren Rande der Hand begangen wurde.

Ulnar

Finger ← → Ellenbogen

Radial

Die grössten Fehler sind also auf der Mitte des Handrückens begangen worden, dann auf dem Handgelenk und auf dem kleinen Finger. Was die Richtung betrifft, so ist die Mehrzahl in der radialen Richtung, d. h. nach dem Körper zu gemacht worden, die Versuchsperson macht eine zu kleine Bewegung nach vorne mit dem Kopfe.

Versuchsperson Dr. Judd.

Hautstellen	Lokalisationsfehler in cm mit Richtung
Nagel des Daumens	1↘, 1↓, 1½↘
Metacarpalkopf des Daumens. . .	½↘, 1↘, ½↓
Nagel des Zeigefingers.	1½↓, ½↑, 2↗, 1↙
Mittelgelenk des Zeigefingers. . .	1←, ½↓, ½↓, ½↘
Metacarpalkopf des Zeigefingers. .	½↘, 1↘, ½→, 3↙
Nagel des Mittelfingers	½↘, 2↗, 1→, 1↓
Mittelgelenk des Mittelfingers . .	½↓, 1↙, ½↗, 1↓
Metacarpalkopf des Mittelfingers .	1↑, 2½↓, ½↑
Nagel des Ringfingers	2↖, 1½↗, 1½↑, ½←
Mittelgelenk des Ringfingers . . .	2½↗, 1½↗, 2↘, 1→
Metacarpalkopf des Ringfingers. .	1↖, 1↘, 0, 1↗
Nagel des Kleinfingers.	2↑, 2↗, 1↓, 1↘
Mittelgelenk des Kleinfingers. . .	2½↗, 3↘, 2↓, 1½↘
Metacarpalkopf des Kleinfingers .	1↗, ½↑, 1½↙, 1½→
Handgelenk, linke Seite	2½↙, 1↓, 4↙, 3↙
Handknöchel	2↓, 6↓, 2½↖, 2½↖, 1↙, 3↓, 2↓
Mitte des Handgelenks	2½↗, 4←, 1½↙, 2½↙, 2½↓, 2½↙
Mitte der Hand zwischen dem Metacarpalkopf des Mittelfingers und des Handgelenks	2½↖, 5↙, 3½↙, 2½↙
Mitte der Hand zwischen dem Metacarpalkopf des Index und des Handgelenks	3½↙, 3↖, 6↙, 3½↙

§ 2. Visuelle Lokalisation.

1. A. W. Volkmann (160) ist wohl der erste und auch der einzige, der einige Versuche nach dieser Methode angestellt hat; seine Worte lauten folgendermassen: »Wenn man sich bei verschlossenen Augen in die Haut stechen lässt und dann mit geöffnetem Auge und mit Hülfe eines spitzen Instrumentes den Punkt anzeigt, welcher vermeintlich gezeigt wurde, so findet sich, dass man fast immer ihn

irrig angiebt. Die Grösse des Irrtums hat für jede Stelle des Körpers ihre bestimmten Grenzen, und diese richten sich ziemlich genau nach dem Grade der Sensibilität der Teile. Man irrt an den Fingerspitzen nicht leicht um mehr als ½ Linie, an der Hand höchstens um 6‴, am Oberarm bisweilen um 1½ Zoll etc. Man irrt bei weitem am häufigsten in der Richtung der Längsaxe der Nerven, d. h. man giebt den gereizten Punkt gewöhnlich zu tief nach unten (scheinbar Irrtum exzentrischer Leitung), aber auch sehr oft zu hoch nach oben an. Von vier Personen, mit welchen ich experimentierte, irrten drei ziemlich regelmässig in der Weise, dass sie die Empfindung zu weit nach abwärts verlegten, die vierte verfiel fast konstant in den entgegengesetzten Irrtum. Es ist klar, die Tastirrtümer sind nicht vom blossen Zufall, sondern von organischen Verhältnissen abhängig, aber ebenso klar ist, dass dem Gesetze der exzentrischen Leitung zufolge gerade diese Form des Irrens nicht vorkommen dürfte« (Wagner's Handwörterb. d. Physiol. Bd. II, S. 571, 1844).

Im Jahre 1893 veröffentlichte ich einige Versuchsresultate, die mit einer anderen Methode gewonnen waren (Archives de Physiologie 1893). Ich berührte einen Punkt auf der Hand oder dem Arm der Versuchsperson und diese musste auf einer Photographie der Hand oder des Armes den Punkt angeben, wo sie glaubte berührt zu sein. Pillsbury (123) hat später auch einige Versuche nach dieser Methode gemacht.

Systematische Versuche sind also auf dem ganzen Gebiete der Lokalisation mit Hülfe der Gesichtsvorstellung bisher noch nicht gemacht worden. Ich habe einige neue Versuchsreihen auf diesem Untersuchungsgebiete angestellt.

2\. Erste Reihe. Die Versuchsperson hält ihren Vorderarm und ihre Hand auf einem Tische und beide sind durch einen Schirm verdeckt; vor ihr liegt eine Photographie oder ein Gypsmodell der Hand oder des Vorderarmes. Ich berühre einen Punkt mit mittlerer Stärke, und die Versuchsperson muss auf der Photographie (oder dem Modell) den Punkt zeigen, an welchem sie berührt zu sein glaubt. Die Berührung dauerte während der Lokalisation an. Das Verfahren war ein unwissentliches; die Versuchsperson wusste also nicht, wie gross die Fehler waren. Nur mit einer Ver-

suchsperson (Dr. GROTENFELD) habe ich auch eine Versuchsreihe mit halbwissentlichem Verfahren (105 Versuche) durchgeführt. Es müssen noch einige Vorsichtsmassregeln erwähnt werden: bei zwei aufeinander folgenden Versuchen muss man zwei entfernte Punkte berühren; in einer Versuchsreihe darf derselbe Punkt nicht zweimal vorkommen; nach etwa 10 Versuchen müssen Pausen eingeschaltet werden, damit die Versuchsperson nicht ermüdet. Nach jedem Versuch musste die Versuchsperson möglichst genau angeben, wie sie die Lokalisation gemacht hatte, und wie gross der begangene Fehler sein könnte. Diese Aussagen der Versuchsperson müssen indessen sehr vorsichtig aufgenommen werden, wie ich schon oben gezeigt habe (S. 103).

3. Zweite Reihe. Die Versuche der ersten Reihe zeigten, dass einige Versuchspersonen viel auf die Qualität des Tasteindrucks achten und diese Qualität für die Lokalisation benützen; es war daher wichtig zu untersuchen, wie die Lokalisation gemacht wird, wenn die Qualität des Tasteindrucks möglichst wenig ausgeprägt ist. Zwei Wege boten sich für diese Untersuchung dar: man konnte die Berührungen entweder sehr leise oder stechend und schmerzhaft machen, ich entschloss mich für das Erstere. Mit zwei Versuchspersonen (RÄDLER und JUDD) machte ich 212 Versuche, bei denen die Haut sehr leise berührt wurde, so dass die Berührung meistens nur im ersten Moment empfunden wurde. Alles andere ist in dieser Reihe, wie in der ersten.

4. Dritte Reihe. Einige Versuchspersonen bemerkten in der ersten Versuchsreihe, dass es ihnen leichter werden würde, auf der Haut selbst den Punkt zu lokalisieren. Mit zwei Versuchspersonen (Prof. KÜLPE und JUDD) wurden daher die Versuche in der Weise angestellt, dass ein Punkt berührt wurde, während die Versuchsperson die Augen geschlossen hatte; dann öffnete sie die Augen und zeigte mit einer Spitze auf ihrer Haut die scheinbare Lage des berührten Punktes; dabei durfte sie die Haut nicht mit der Spitze berühren.

5. Vierte Reihe. Die erste Versuchsreihe zeigte, dass, wenn bei Berührung eines Punktes A die Versuchsperson auf der Photographie einen Punkt B gezeigt hat, bei Berührung von B die Versuchsperson nicht den Punkt A zeigt. Die vierte Versuchsreihe hatte hauptsächlich den Zweck, dieses Resultat zu kontrollieren. Bei einer Versuchsperson (Dr. JOST) zeichnete ich auf der Haut eine Anzahl von Punkten; ich sagte ihr, dass einer von den Punkten berührt werden

würde. Während sie die Augen schloss, berührte ich einen Punkt, dann nahm ich die Spitze weg; sie öffnete die Augen und zeigte ohne zu berühren die scheinbare Lage des Punktes.

Fünfte Reihe. Der Zweck dieser Versuchsreihe ist die Untersuchung des Einflusses der kinästhetischen Empfindungen auf die Lokalisation. Die Versuchsperson kreuzte zwei Finger, wie bei dem Aristotelischen Experimente; es wurde ein Finger oder beide berührt, und die Versuchsperson musste auf einer schematischen Zeichnung der gekreuzten Finger die Lage des berührten Punktes angeben. 6.

Was die Zahl der Versuche beträgt, so ist sie folgende: erste Reihe 9 Versuchspersonen 1775 Versuche; zweite Reihe 2 Versuchspersonen 212 Versuche; dritte Reihe 2 Versuchspersonen 105 Versuche; vierte Reihe 1 Versuchsperson 180 Versuche; fünfte Reihe 5 Versuchspersonen 424 Versuche. Im allgemeinen wurden in einer Stunde 15 bis 20 Versuche gemacht.

Resultate.

Erste Reihe. Ich betone gleich zu Anfang, dass die Selbstbeobachtungen der Versuchspersonen viel wichtigere Resultate gegeben haben, als die quantitativen Bestimmungen der Fehler. Es wird von vielen Autoren die Bedeutung der Selbstbeobachtungen in den psychologischen Versuchen sehr herabgedrückt; ich glaube, dass es wohl einige Versuche giebt, wo keine Selbstbeobachtungen benützt werden dürfen; aber in der grossen Mehrzahl der Fälle kann nur dann eine Versuchsreihe als vollständig betrachtet werden, wenn sie Selbstbeobachtungen enthält. Was die hier besprochenen Versuche betrifft, so sind die allgemeinen Resultate durch die Selbstbeobachtungen, die Einzelheiten durch quantitative Bestimmungen erhalten worden. 7.

Bei der Lokalisation auf der Photographie oder auf dem Modell verfahren nicht alle Versuchspersonen gleich. Man kann im allgemeinen zwei Gruppen unterscheiden:

1. Versuchspersonen mit guten Gesichtsvorstellungen. Diese stellen sich ihren eigenen Arm oder ihre Hand vor. Unmittelbar vor der Berührung schliessen sie die Augen; dann, sobald sie die Berührung empfinden, suchen sie sich möglichst genau die Hautstelle vorzustellen. Wenn die Lokalisation in dieser Gesichtsvorstellung genügend ist, so öffnen sie die Augen und zeigen auf der Photographie

oder dem Modell die berührte Stelle; manchmal wiederholen sie dieses Verhalten mehrere Male nacheinander, um grössere Sicherheit zu gewinnen. Die Gesichtsvorstellung ist dabei eine schematische, die nur das enthält, was die Versuchsperson braucht: es werden weder die Farbe, noch die Beleuchtung, noch die Einzelheiten der Haut vorgestellt, wohl aber die Kontouren und die hervorragenden Stellen (Leisten, Knöchel, Gelenke etc.). Die Grösse des vorgestellten Bezirkes ist je nach der Hautstelle verschieden: auf den empfindlicheren Stellen (Finger, Gelenke etc.) ist der Bezirk sehr klein, er umfasst z. B. einen Finger; auf den weniger empfindlichen Stellen (Vorderarm, Handrücken etc.) ist er bedeutend grösser; aber mit der Zunahme der Grösse verliert diese Vorstellung an Deutlichkeit und Genauigkeit. Es erscheint paradox, dass man, auch wenn man die Möglichkeit hat, sofort auf dem Gypsmodell zu lokalisieren, doch zuerst mit geschlossenen Augen die Hautstelle sich vorstellt, um dann diese Vorstellung auf das Modell zu übertragen. Besonders paradox erscheint es, wenn man beachtet, dass oft die zuerst gebildete Vorstellung korrigiert werden muss, weil die Versuchsperson sich ihren Arm nicht richtig vorgestellt hatte. Die Versuchspersonen erklärten ihr eigentümliches Verhalten daraus, dass die Vorstellung nur dasjenige enthalte, was sie brauchen, und dass die wichtigsten Teile in der Vorstellung viel deutlicher seien als die Nebenteile; das Modell hingegen stelle alles mit gleicher Deutlichkeit dar, und dies störe.

Die Berührung ruft die Vorstellung von dem Bezirk, in dem sich der berührte Punkt befindet, sofort unmittelbar hervor; aber diese erste Vorstellung ist im allgemeinen sehr ungenau. Nur wenn eine hervorragende Hautstelle (Leiste, Gelenk, Knöchel) berührt wird, ist sie genauer. Um den Punkt näher angeben zu können, benützt man mehrere Hülfsmittel. Ein solches Hülfsmittel ist e r s t e n s die Bestimmung der relativen Lage des berührten Punktes zu gewissen hervorragenden Hautstellen (Rand, Leisten, Knöchel, Gelenke, etc.). Die Versuchsperson sucht sich vorzustellen, wie weit der berührte Punkt von der und der Stelle liegt; und es kann dabei als allgemeine Regel betrachtet werden, dass, je mehr solcher Stellen in der Nähe des Punktes liegen, um so genauer und leichter die Lokalisation ist. Wir haben im I. Kapitel gesehen (S. 61), dass eine Distanz auf der Haut im allgemeinen zu klein vorgestellt wird. Demgemäss ist zu erwarten,

dass der berührte Punkt zu nahe zu den hervorragenden Stellen vorgestellt werde, und daraus eine konstante Richtung für die Fehler entspringe. Die Resultate haben diese Erwartung vollständig bestätigt.

Als zweites Hülfsmittel dient die genaue Beachtung der Qualität der Tastempfindung. Dieses Hülfsmittel kommt aber nur dann in Betracht, wenn die Versuchsperson auf dem Modell selbst (oder Photographie) lokalisiert. Sie beachtet, ob es eine weiche oder harte Stelle ist, ob die Haut beweglich oder dünn, oder dick und wenig beweglich ist u. s. w., und sie sucht auf dem Modell eine diesen Eigenschaften entsprechende Stelle auf. Manchmal sucht sie durch Ausschliessung von anderen benachbarten Stellen zu ihrem Ziele zu kommen. Es wird z. B. die Mitte des Daumenballens Dorsalseite berührt; die Versuchsperson sagt sich: »es ist eine ziemlich weiche Hautstelle, aber wenn es näher zum Daumen wäre, so wäre es noch weicher, wenn es näher zur Sehne wäre, so wäre es nicht so weich; also der Punkt liegt in der Mitte zwischen der Sehne und der höchsten Stelle des Daumenballens. Die Versuchsperson kann sich aber in der Charakterisierung der Tastempfindung irren, und daraus entstehen Fehler. So hat in dem vorigen Beispiele die Versuchsperson sich die Berührung in der Mitte des Daumenballens zu weich vorgestellt, und deswegen hat sie den Punkt zu nahe an der Sehne des Zeigefingers gezeigt. (S. Fig. 22, Punkt 30.)

Einige Versuchspersonen machen mehr von dem ersten Hülfsmittel Gebrauch, andere mehr von dem zweiten. In allen Fällen kommt das zweite Hülfsmittel nach dem ersten zur Geltung, aber die Angabe dieses zweiten wird dann wieder durch das erste geprüft; so sieht man, dass die beiden Hülfsmittel sich gegenseitig korrigieren.

2. Zur zweiten Gruppe gehören diejenigen Versuchspersonen, die keine guten Gesichtsvorstellungen haben. Sie lokalisieren sofort auf dem Modell, bei ihnen kommt das zweite Hülfsmittel mehr in Betracht, als das erste, obgleich dieses doch nicht vollständig ausgeschlossen ist. Daher sind auch bei diesen Versuchspersonen die Fehler mehr ein Resultat der Ungenauigkeit der Tastvorstellung, als das Resultat einer Unterschätzung der Entfernungen.

8. Wenn man die Lokalisationsfehler betrachtet, so fällt sofort eine Konstanz in der Richtung der Fehler auf; in der grossen Mehrzahl der Fälle ist der Punkt zu nahe an irgend einer hervorragenden Stelle

(Leiste, Knöchel, Rand, Gelenk etc.) angegeben, und wenn die Versuchsperson für einen Punkt immer dieselben »Anhaltspunkte« braucht, so entsteht eine Konstanz in der Richtung der Fehler. Es giebt aber Punkte, für die es keine konstante Richtung der Fehler giebt; dies sind Punkte, welche die Versuchsperson in Bezug auf verschiedene »Anhaltspunkte« lokalisiert. Wenn z. B. der Punkt in der Mitte des Handrückens liegt (s. Fig. 22, Punkte 32, 50, 17, 40, 45), so schätzt die Versuchsperson manchmal die Entfernung zum Handgelenke, manchmal aber zu den Metacarpalköpfen oder zu den Sehnen der Finger, daher wird der Punkt in manchen Fällen zu nahe zum Handgelenke, in anderen Fällen zu nahe an die Finger verlegt. Im allgemeinen wird die Richtung des begangenen Fehlers durch die Unterschätzung der Distanz des Punktes von gewissen Anhaltspunkten bestimmt.

Fig. 22.
Versuchsperson Dr. Judd. ¾ der natürl. Grösse.

9. Die folgenden Figuren geben sehr deutliche Beispiele dafür.

Ich notierte auf einem Modell den wirklich berührten Punkt und die Angaben der Versuchsperson, diese letzten Punkte verband ich

Fig. 23.
Versuchsperson Dr. JUDD. Vorderarm dorsal. ¾ der natürl. Grösse.

Fig. 24.
Dr. RÄDLER. ¾ der natürl. Grösse.

durch Linien mit dem wirklich berührten. Die folgenden drei Figuren stellen Photographien der Modelle für zwei Versuchspersonen dar,

und die vierte Figur giebt die Resultate der Versuche, bei denen die Versuchsperson auf einer Photographie lokalisieren musste. Die wirklich berührten Punkte sind durch kleine Kreise bezeichnet. (⊙)

Fig. 25.

L... Lokalisation auf der Photographie. $\frac{1}{5}$ der natürl. Grösse.

Die Betrachtung der vier Figuren zeigt, dass die individuellen Unterschiede gross sind. Einige machen grössere Fehler, andere kleinere; ebenso ist bei einigen die Konstanz der Richtung eine viel grössere, als bei anderen, weil die ersteren immer dieselben Anhaltspunkte brauchen, die anderen dagegen möglichst viele verschiedene Anhaltspunkte nehmen. Dann sieht man, dass auf den Fingern die Fehler geringer sind, als auf dem Handrücken, und auf diesem kleiner, als auf dem Vorderarme. Es gilt nämlich die oben erwähnte Regel, dass, je mehr Anhaltspunkte sich in der Nähe des Punktes befinden und je charakteristischer die Tastempfindung ist, um so kleiner die Fehler sind.

Nur bei einer Versuchsperson (Dr. Rädler) kann diese Regel nicht als völlig gültig angenommen werden; sie verwechselte manchmal das Mittelgelenk der Finger mit dem Metacarpalgelenke (s. Fig. 24 Punkte 1 und 10). Bei einigen anderen Versuchspersonen war auch manchmal ein Zweifel über das Gelenk vorhanden.

Ein weiteres Resultat, welches man nach dem oben Gesagten schon erwarten muss, ist folgendes: wenn bei Berührung eines Punktes A die Versuchsperson einen Punkt B zeigt, so wird sie bei Berührung von B im allgemeinen nicht den Punkt A zeigen. Die vierte Versuchsreihe hat dieses Resultat auch bestätigt. Dieses Ergebnis genügt schon allein, um zu zeigen, dass ein grosser Unterschied zwischen dieser Methode und der Bestimmung des Raumsinnes mit dem Tastzirkel besteht, und dass die Tastzirkelmethode die Lokalisationsfähigkeit nicht bestimmt, wie das von einigen Autoren (z. B. Wundt) behauptet wird.

10. Endlich ergab diese Versuchsreihe ein wichtiges Resultat, auf das ich ganz genau eingehen will; es ist die Unsicherheit in der Angabe der Finger. Die meisten Versuchspersonen gaben an, dass bei Berührung eines der drei Finger Index, Medius, Annularis sie sofort die Stelle des berührten Punktes auf dem Finger wussten, aber über den Finger selbst unsicher waren. Diese Unsicherheit war manchmal so gross, dass die Versuchsperson einen falschen Finger zeigte (s. z. B. Fig. 24 Punkte 4 und 7, Fig. 25 Punkte 11 und 19). Ich gebe hier die betreffenden Zahlen:

Versuchs-personen	Index berührt			Medius berührt			Annularis berührt		
	Zahl der Berührg.	Zahl der Zweifel	Art des Zweifels	Zahl der Berührg.	Zahl der Zweifel	Art des Zweifels	Zahl der Berührg.	Zahl der Zweifel	Art des Zweifels
Dr. Grotenfeld	—	—	—	21	6	4mal Med. u. Ann. 1 » Ind. u. Med. 1 » Ind., Med. u. Ann.	17	7	6mal Med. u. Ann. 1 » Ind., Med. u. Ann.
Dr. Rädler	—	—	—	10	2	2mal Med. u. Ann.	8	2	2mal Med. u. Ann.
Mme L.....	38	1	1mal Ind. u. Med.	35	8	8mal Med. u. Ann.	40	16	16mal Med. u. Ann.
Dr. Judd	—	—	—	24	4	4mal Med. u. Ann.	20	2	2mal Med. u. Ann.
Dr. Meumann	—	—	—	10	1	1mal Med. u. Ann.	12	2	2mal Med. u. Ann.
V. Henri	27	2	2mal Ind. u. Med.	23	3	2mal Ind. u. Med. 1 » Med. u. Ann.	21	2	2mal Med. u. Ann.
Summe	65	3	3mal Ind. u. Med.	123	24	3mal Ind. u. Med. 20 » Med. u. Ann. 1 » Ind., Med. u. Ann.	118	31	30mal Med. u. Ann. 1 » Ind., Med. u. Ann.

Zwei Versuchspersonen haben nie eine Unsicherheit in Bezug auf die Finger gemerkt.

Man sieht aus den obigen Zahlen, dass die meisten Zweifel über Mittel- und Ringfinger bestehen. Um den wirklich berührten Finger zu erkennen, brauchten in sehr übereinstimmender Weise die meisten Versuchspersonen als Hülfsmittel eine sehr leise Bewegung mit einem der Finger; es brauchte der bewegte Finger nicht gerade der berührte Finger zu sein. Manchmal, wenn der Ringfinger berührt wurde, und die Versuchsperson zwischen dem Mittel- und Ringfinger zweifelte, genügte eine leise Bewegung mit dem Zeigefinger, um sofort zu erkennen, dass der Ringfinger berührt wurde. Zwei Versuchspersonen machten gar keine Bewegungen, sie richteten nur ihre Aufmerksamkeit auf die einzelnen Finger nach einander und suchten sich vorzustellen, ob der betreffende Finger frei beweglich sei, oder ob auf ihm die Spitze aufliege. Ich werde in der fünften Reihe ein sehr ähnliches Ergebnis zeigen. Hier will ich nur bemerken, dass diese Beobachtungen durch einige Theorien nicht erklärt werden können.

Hinsichtlich der Zehen irrt man sich sehr oft, wie einige Autoren früher bemerkt haben, und die Fehler finden besonders zwischen den drei mittleren Zehen statt.

Die Versuchsperson gab nach jedem Versuch die Grösse und Richtung des möglichen Fehlers an. Diese Angaben entsprechen den wirklich begangenen Fehlern gar nicht; meistens wird die Grösse der Fehler unterschätzt. Die Versuchsperson giebt einen kleineren Fehler an, wenn die Lokalisation schnell und leicht war; die angegebene Richtung des möglichen Fehlers ist auch meistens falsch, oft ist sie sogar der wirklichen Richtung des Fehlers entgegengesetzt.

Zweite Reihe. **11.**

Wir haben gesehen, dass bei der Localisation als zweites Hülfsmittel die Qualität der Tastempfindung genommen wurde. In dieser Versuchsreihe liess ich daher, wie erwähnt, eine nur sehr schwach kaum merkbare Berührung eintreten; das Verhalten der Versuchspersonen weicht infolgedessen etwas von dem bei der vorigen Versuchsreihe vorhanden gewesenen Verhalten ab:

a) die Versuchsperson ist genötigt, sehr schnell zu lokalisieren; sie hat keine Zeit zur Überlegung, denn die Empfindung dauert nur eine kurze Zeit.

b) Die Versuchsperson überlegt nicht, welcher Art die Empfindungsqualität sei, denn die qualitativen Unterschiede zwischen den Empfindungen verschiedener Hautstellen sind hier viel geringer, als bei mittlerer Stärke der Berührung.

c) Die Lokalisation wird meistens unmittelbar sofort auf dem Modell vorgenommen; die Versuchsperson macht etwas von den Anhaltspunkten Gebrauch, indem sie die Entfernung des Punktes zu diesen Anhaltspunkten zu schätzen sucht.

Die Sicherheit der Versuchsperson ist hier eine geringere, als in der ersten Versuchsreihe. Die Fehler haben hier auch eine konstante Richtung und ihre Grösse übertrifft etwas die vorige; besonders deutlich ist dieser Unterschied hinsichtlich der Fehlergrösse bei einer Versuchsperson (Dr. Rädler) zu bemerken, welche letztere auch beobachtete, dass bei diesen Versuchen die Unsicherheit in Bezug auf den berührten Finger eine grössere sei.

Dritte Reihe.

12. Einige von den Versuchspersonen, die gute Gesichtsvorstellungen haben, behaupteten, dass es ihnen leichter fallen würde, nicht auf dem Modell, sondern auf der Haut zu lokalisieren. Ich machte daher folgende Versuche: während der Berührung hielt die Versuchsperson die Augen geschlossen; nach Wegnahme der Spitze von der Haut öffnete sie die Augen und zeigte die scheinbare Stelle der Berührung. Es ist dies, wie man sieht, das Verfahren von Volkmann. Die Versuche nach dieser Methode ergaben keine neuen Resultate; die Grösse der Fehler ist nicht kleiner, als in der ersten Versuchsreihe; sie ist oft sogar grösser. Die Sicherheit der Versuchsperson ist hier geringer, als in der ersten Reihe, denn man kann die Aufmerksamkeit nicht so sehr auf den Tasteindruck konzentrieren.

Vierte Reihe.

Ich zeichnete auf dem rechten Vorderarme der Versuchsperson (Dorsalseite) ein System von Punkten; ich berührte einen (oder zwei) von diesen Punkten, während die Versuchsperson ihre Augen geschlossen hielt, nahm die Spitze weg, die Versuchsperson öffnete die Augen und zeigte mit einer Spitze den scheinbar berührten Punkt (oder die Punkte), ohne ihn dabei zu berühren. Es wurden zwölf Reihen (*A*, *B*, *C*, *D*, *E*, *F*, *G*, *H*, *K*, *L*, *M*, *N*) zu je sechs Punkten aufgezeichnet; die Entfernungen der Punkte von einander

betrug 8 mm; der Punkt *A* 1 (Fig. 26) lag in der Mitte des Handknöchels. Der Zweck der Methode war zunächst eine Nachprüfung des oben erwähnten Resultats, dass, wenn bei Berührung eines Punktes *A* die Versuchsperson einen Punkt *B* zeigt, sie bei Berührung von *B* im Allgemeinen nicht den Punkt *A* zeigt. Die Versuche bestätigten vollkommen dieses Resultat. Eine »Reciprocität« kam in der That kein einziges Mal (bei 54 Versuchen) vor. Ich gebe in der folgenden Tabelle die Resultate wieder: die erste Kolumne enthält die berührten Punkte, die zweite die gezeigten und die dritte die Grösse und Richtung der Fehler.

Ferner habe ich Versuche angestellt, bei denen zwei Punkte gleichzeitig berührt wurden und die Versuchsperson dann die Lage der Punkte angeben musste. Es haben einige Autoren behauptet, dass, wenn bei Berührung mit zwei Spitzen ein Punkt gefühlt werde, alsdann dieser Punkt in der Mitte zwischen den zwei berührten Punkten lokalisiert werde. Die Versuche zeigten ein ganz anderes Resultat: man lokalisiert sehr selten den Punkt in der Mitte; die Lokalisation bei der Berührung zweier Punkte unterscheidet sich vielmehr im Allgemeinen wenig von der Lokalisation nur eines berührten Punktes, wie die Tabelle auf S. 132 f. zeigt. Es werden nämlich auch bei Empfindung zweier Punkte diese zu nahe an das Handgelenk oder an den Ellenbogen verlegt. Die Versuche zeigten weiter deutlich,

A B C D E F G H K L M N
6 5 4 3 2 1

Fig. 26.

Berührt	Gezeigt	Fehler	Berührt	Gezeigt	Fehler
A 1	*A* 1	0	*F* 5	*E* 5	8 mm ↑
A 2	*A* 3	8 mm ←	*F* 5	*E* 5	8 » ↑
A 4	*B* 4	8 » ↓	*G* 2	*L* 2	24 » ↓
B 2	*C* 3	11 » ↙	*G* 3	*D* 4	26 » ↖
B 3	*B* 0	0	*G* 4	*E* 6	22 » ↖
B 4	*B* 4	0	*G* 5	*G* 5	0
B 5	*C* 4	11 mm ↘	*H* 1	*M* 2	33 mm ↙
B 5	*D* 5	16 » ↓	*H* 2	*H* 3	8 » ←
C 2	*C* 2	0	*H* 2	*L* 3	18 » ↙
C 2	*B* 2	8 mm ↑	*H* 3	*F* 3	16 » ↑
C 3 ·	*D* 3	8 » ↓	*H* 4	*H* 4	0
C 4	*C* 4	0	*H* 5	*G* 5	8 mm ↑
C 5	*C* 5	0	*K* 2	*L* 2	8 » ↓
D 2	*E* 3	11 mm ↙	*K* 3	*L* 3	8 » ↓
D 3	*C* 2	11 » ↗	*K* 5	*G* 5	16 » ↑
D 3	*C* 4	11 » ↖	*L* 1	*K* 2	11 » ↖
D 4	*C* 4	8 » ↑	*L* 2	*L* 3	8 » ←
D 5	*E* 6	11 » ↙	*L* 2	*K* 3	11 » ↖
E 2	*E* 3	8 » ←	*L* 3	*L* 3	0
E 3	*B* 2	24 » ↑	*L* 4	*K* 4	8 mm ↑
E 4	*D* 6	18 » ↖	*L* 4	*H* 5	18 » ↖
E 5	*C* 5	16 » ↑	*L* 5	*L* 5	0
E 6	*F* 6	8 » ↓	*L* 5	*M* 5	8 mm ↓
F 2	*F* 3	8 » ←	*M* 1	*L* 1	8 » ↑
F 3	*D* 4	18 » ↖	*M* 2	*N* 3	11 » ↙
F 3	*L* 3	32 » ↓	*M* 4	*N* 4	8 » ↓
F 4	*F* 4	0			

dass die Entfernung der berührten Punkte in der Mehrzahl der Fälle unterschätzt wird. Näheres zeigt die Tabelle. In der ersten Kolumne derselben sind die berührten Punkte gegeben; in der zweiten die gezeigten; in der dritten ist die Lage der berührten und der gezeigten Punkte dargestellt. Die Bezeichnung durch Punkte bedeutet die ersten, durch Kreise die zweiten.

Berührt	Gezeigt	Relative Lage
B 3, *B* 5. 16 ↔	*A* 5. 2 P. nahe	
B 3, *B* 5. 16 ↔	*B* 4. 2 P. nahe	
B 3, *B* 5. 16 ↔	*C* 3	
B 3, *B* 5. 16 ↔	*A* 3, *A* 4. 8 ↔	
B 3, *B* 5. 16 ↔	*C* 3. 2 P. nahe	
B 3, *B* 5. 16 ↔	*C* 3, *C* 4. 8 ↔	
B 2, *B* 5. 24 ↔	*C* 2, *D* 4. 18 ⤢	
B 2, *B* 5. 24 ↔	*C* 2.	
B 2, *B* 5. 24 ↔	*A* 2, *B* 5. 26 ⤢	
B 2, *B* 5. 24 ↔	*B* 2, *C* 4. 18 ⤢	
B 2, *B* 5. 24 ↔	*B* 2, *B* 4. 16 ↔	
B 2, *B* 5. 24 ↔	*B* 2, *B* 3. 8 ↔	
B 2, *B* 5. 24 ↔	*A* 1, *B* 3. 18 ⤢	
B 2, *B* 5. 24 ↔	*A* 1, *B* 5. 33 ⤢	
C 4, *C* 5. 8 ↔	*C* 3	
C 3, *C* 5. 16 ↔	*A* 5	
D 2, *D* 4. 16 ↔	*B* 3, *B* 4. 16 ↔	
D 2, *D* 6. 32 ↔	*B* 2, *C* 6. 33 ⤢	

Berührt	Gezeigt	Relative Lage
G 2, *G* 4. 16 ←→	*D* 4	
G 2, *G* 4. 16 ←→	*C* 4	
G 3, *G* 5. 16 ←→	*F* 4	
G 3, *G* 5. 16 ←→	*G* 4	
G 3, *G* 5. 16 ←→	*D* 4, *E* 5. 11 ⤢	
G 3, *G* 5. 16 ←→	*H* 4	
G 3, *G* 5. 16 ←→	*F* 5	
G 3, *G* 5. 16 ←→	*G* 4. 2 P. nahe	
G 2, *G* 5. 24 ←→	*F* 3, *F* 5. 16 ←→	
G 2, *G* 5. 24 ←→	*H* 2, *H* 3. 8 ←→	
G 2, *G* 5. 24 ←→	*K* 4, *K* 5. 8 ←→	
G 2, *G* 5. 24 ←→	*C* 3, *C* 2. 8 ←→	
G 2, *G* 5. 24 ←→	*G* 3, *G* 5. 16 ←→	
G 2, *G* 5. 24 ←→	*F* 3, *F* 5. 16 ←→	
G 2, *G* 5. 24 ←→	*H* 3, *G* 4. 11 ⤡	
G 2, *G* 5. 24 ←→	*D* 2, *E* 4. 18 ⤢	
H 2, *H* 5. 24 ←→	*F* 5, *G* 6. 11 ⤢	
H 2, *H* 6. 32 ←→	*F* 2, *F* 6. 32 ←→	

Berührt	Gezeigt	Relative Lage
M 2, *M* 4. 16 ↔	*M* 4, *L* 4. 8 ↕	
M 2, *M* 4. 16 ↔	*L* 3	
M 2, *M* 4. 16 ↔	*L* 2, *L* 4. 16 ↔	
M 3, *M* 5. 16 ↔	*N* 4	
M 3, *M* 5. 16 ↔	*L* 4	
M 3, *M* 5. 16 ↔	*N* 3	
M 3, *M* 5. 16 ↔	*M* 3	
M 3, *M* 5. 16 ↔	*M* 3	
M 2, *M* 5. 24 ↔	*K* 2, *K* 4. 16 ↔	
M 2, *M* 5. 24 ↔	*N* 2, *N* 4. 16 ↔	
M 2, *M* 5. 24 ↔	*N* 3, *N* 5. 16 ↔	
M 2, *M* 5. 24 ↔	*L* 3. 2 P. nahe	
M 2, *M* 5. 24 ↔	*H* 3, *H* 4. 8 ↔	
M 2, *M* 5. 24 ↔	*G* 4, *H* 4. 8 ↕	
M 2, *M* 5. 24 ↔	*N* 3, *N* 4. 8 ↔	
B 4, *E* 4. 24 ↕	*B* 5, *C* 5. 8 ↕	
B 4, *E* 4. 24 ↕	*C* 3, *D* 4. 11 ⤢	
B 4, *E* 4. 24 ↕	*D* 4, *E* 4. 8 ↕	

Berührt	Gezeigt	Relative Lage
B 4, *E* 4. 24 ↕	*C* 3, *D* 4. 11 ↗	
B 5, *E* 5. 24 ↕	*E* 5 u. Mitte zw. *E* 5 u. *F* 5	
C 4, *G* 4. 24 ↕	*C* 5, *D* 5. 8 ↕	
E 2, *G* 2. 16 ↕	*D* 3	
E 4, *H* 4. 24 ↕	*H* 4, *G* 5. 11 ↖	
E 4, *H* 4. 24 ↕	*D* 4. 2 P. nahe	
E 4, *H* 4. 24 ↕	*E* 4. 2 P. nahe	
E 4, *H* 4. 24 ↕	*D* 4	
E 2, *K* 2. 32 ↕	*E* 2, *F* 2. 8 ↕	
E 5, *L* 5. 40 ↕	*D* 5, *E* 5. 8 ↕	
G 2, *M* 2. 32 ↕	*G* 3, *H* 3. 8 ↕	
G 4, *M* 4. 32 ↕	*F* 5	
H 4, *M* 4. 24 ↕	*M* 4	
H 4, *M* 4. 24 ↕	*L* 4	
H 4, *M* 4. 24 ↕	*M* 3. 2 P. nahe	

Man sieht, dass die Richtung meistens richtig erkannt wurde; doch kommen auch hinsichtlich dieser in einigen Fällen noch Fehler vor.

Diese Versuche müssten in grösserer Zahl wiederholt werden, sie würden dann wohl einige neue Resultate ergeben.

Fünfte Reihe. 13.

Ich habe im ersten Kapitel (S. 69) die Resultate dargestellt, welche bei der Berührung zweier Punkte auf zwei Fingern bei normaler und gekreuzter Lage erhalten wurden. Hier werde ich die Fortsetzung jener Versuchsreihe beschreiben. Die Versuchsperson musste auf einer Zeichnung ihrer Finger die berührten Stellen lokalisieren; sie musste möglichst gut sich die Lage der Finger vorstellen, aber keine Bewegungen machen. Die Zeichnung, auf der die Lokalisation gemacht wurde, stellte die Finger in derjenigen Lage dar, in der sie berührt wurden, also in normaler oder gekreuzter Lage.

Die Versuche zeigten sehr deutlich, dass bei der gekreuzten Lage die Finger verwechselt wurden, d. h. der auf dem Ringfinger berührte Punkt wurde auf der korrespondierenden Stelle des Mittelfingers und der Punkt des Mittelfingers auf dem Ringfinger gezeigt. Sogar wenn ich nur einen Punkt berührte, so wurde er an der korrespondierenden Stelle des anderen, unberührten Fingers gezeigt.

Ich gebe ein Beispiel: es sind in der normalen Lage (Fig. 28) die Punkte a, b berührt; die Versuchsperson zeigt sehr nahe liegende Punkte, die auf der Figur 28 schraffiert bezeichnet sind. Bei der

Fig. 27.

Fig. 28.

gekreuzten Lage sind dieselben Punkte in a', b' (Fig. 27). Wenn man die letztgenannten Punkte berührt, so zeigt die Versuchsperson die Punkte a'', b''; und wenn man auf den Punkt a' drückt, so

scheint es der Versuchsperson, dass der Punkt a'' gedrückt werde; ebenso korrespondiert b'' mit b'; es findet also eine Verwechselung der Finger statt. Aber dasselbe Resultat erhält man auch, wenn nur ein Punkt berührt wird. Wenn man z. B. den Punkt a' auf dem Ringfinger berührt, so zeigt die Versuchsperson den Punkt a'' auf dem Mittelfinger und umgekehrt. Dieses Resultat erhält man deutlich auch bei Blinden, wenn man sie bittet, die Lage der berührten Punkte zu beschreiben.

14. Alle fünf Versuchspersonen, mit denen ich diese Versuche gemacht habe, haben sehr deutlich dieses Resultat gegeben; ich gehe jetzt auf einige individuelle Unterschiede ein. Eine Versuchsperson (Dr. Pilzecker) hat oft bei Berührung der beiden Finger mit zwei Spitzen zwei Punkte auf einem der Finger gezeigt; es schien ihm nur ein Finger mit beiden Spitzen berührt zu werden. Dies kam besonders in den Fällen vor, wo die entgegengesetzten Ränder der gekreuzten Finger, d. h. Ulnarrand des Mittelfingers und Radialrand des Ringfingers, berührt wurden; dann schienen nämlich die beiden Punkte sehr nahe an einander zu liegen. Eine ähnliche Beobachtung ist auch von Rivers (128) gemacht worden. Er schreibt, dass, wenn man die gekreuzten Finger (Index und Mittelfinger) mit einem Stäbchen in der Falte gleichzeitig berührt, es scheine, als ob nur ein Finger an beiden Seiten mit zwei Stäbchen berührt werde.

Eine andere Versuchsperson (Dr. Jost), die sehr deutliche Gesichtsbilder hat und sehr stark sich zu konzentrieren im Stande ist, hat nach einigen Versuchen, die gleich den oben beschriebenen ausfielen, eine Vorstellung gehabt, in der zwei gekreuzte Finger und links daneben ein supplementärer Finger vorgestellt wurden (es war, wie erwähnt, die rechte Hand, mit der Volarseite nach oben gerichtet, berührt). Die beiden gekreuzten Finger erschienen ihm als ein untrennbares Ganzes. Wenn man die beiden Finger berührte, so wurde die Berührung des Mittelfingers an der richtigen Stelle lokalisiert; der Ringfinger schien der Versuchsperson gar nicht berührt zu sein, vielmehr schien der zweite Punkt auf dem supplementären Finger zu liegen. Wenn man nur den Ringfinger berührte, so kam es der Versuchsperson vor, als ob die gekreuzten Finger nicht berührt würden, sondern der Punkt auf dem supplementären Finger

liege. Die Versuchsperson wusste durch Überlegung, dass dieser supplementäre Finger dem Ringfinger korrespondierte, sie konnte sich denselben aber nicht als Ringfinger vorstellen. So kam es, dass diese Versuchsperson bei gekreuzter Lage die relative Lage der berührten Punkte richtig angab (vergl. dazu die Resultate S. 71 ff.), aber diese Angaben kosteten ihr sehr viel Mühe, so dass mehr als fünf Versuche nicht nach einander gemacht werden konnten.

Die dritte Versuchsperson (Miss Martin) hat sehr ausgeprägte Nachempfindungen. Nach einem Versuche, bei welchem nur ein Punkt berührt wurde, hatte sie eine Kitzelempfindung und berührte mit dem Daumen derselben Hand den falschen Finger; dadurch auf diese Erscheinung aufmerksam gemacht, merkte sie mehrere Male nach dem Versuche, dass sie eine Verwechselung begangen hatte. Darauf bat ich sie, diese Verwechselung möglichst gut zu korrigieren; sie konnte dies thun, indem sie während des Versuchs genau an die Finger dachte; dabei hat sie aber doch einige Male noch die Verwechselung begangen.

Die vierte Versuchsperson (Prof. G. E. Müller) hat bis zum Ende der Versuche nichts von der Verwechselung gemerkt, die Sicherheit der Angaben war eine sehr grosse.

Die fünfte Versuchsperson (C. Henri) hat auch nichts gemerkt. Da sie lange und leicht bewegliche Finger hat, so machte ich mit ihr bei der gekreuzten Lage einige Versuche, die mit anderen Versuchspersonen nicht gemacht werden konnten. Während der Berührung eines Fingers mit einer Spitze bat ich sie, den Mittelfinger etwas zu bewegen und erst dann die Lokalisation zu vollziehen. Diese Bewegung des Mittelfingers hat aber den Fehler nicht korrigiert; die Finger wurden bei diesen Versuchen ebenso konstant wie bei den vorigen verwechselt.

Die beiden Blinden endlich haben ihre Fehler auch nicht bemerkt; die Beschreibung mit Worten wurde so vollständig wie möglich gegeben. Beispiel: es werden bei gekreuzter Lage die Mitte der Spitze des Ringfingers und die Mitte des Endgelenkes des Mittelfingers berührt; der Blinde sagt: »der Ringfinger, der oben liegt, ist in der Leiste des Gelenkes, der Mittelfinger, der unten liegt, in der Mitte der Spitze berührt«; man sieht, dass die Finger verwechselt werden.

Es ist interessant, zu bemerken, dass die Sicherheit der Versuchspersonen in allen diesen Fällen eine sehr grosse war; einige wunderten sich sogar, warum ich so viele Versuche mache und wozu ich nach dem gedrückten Punkte frage; »es ist ja so klar, dass der Punkt des Mittelfingers gedrückt ist«, sagte man mir öfters, wenn ich den Punkt auf dem Ringfinger drückte.

Am Ende machte ich einige Versuche mit halbwissentlichem Verfahren. Nach jedem Versuch sagte ich, welche Punkte wirklich berührt wurden; dieses Wissen hat aber die Resultate nicht beeinflusst: die Versuchsperson war hinsichtlich des für sie vorhandenen psychologischen Eindrucks ganz sicher, obgleich sie wusste, dass derselbe irreführend war.

Der Versuch gelingt nicht so gut mit dem Zeigefinger und dem Mittelfinger, denn die Empfindung auf dem Zeigefinger ist eine sehr »charakteristische«; aber er gelingt sehr gut mit dem Ringfinger und dem Kleinfinger, wovon sich jeder überzeugen kann.

15. Diese Resultate stehen in naher Analogie zu einem Versuche, der mir von Prof. G. E. Müller mitgeteilt wurde. Man streckt die beiden Arme vor sich; stellt die Hände so, dass die Volarseiten nach aussen gerichtet sind; dann legt man die rechte Hand über die linke so, dass die Volarseiten der beiden Hände sich berühren; dann faltet man die Finger zwischen einander, so dass die beiden Hände in einander verschlungen sind. Man bewegt dann die Hände nach unten, indem man die Arme in den Ellenbogen beugt; man führt die Hände vor die Brust, so dass die Finger der beiden Hände oben liegen. Wenn man nun auf die Finger sieht, so sind die Finger der rechten Hand von links nach rechts, die der linken von rechts nach links gerichtet. Während man so die Finger ansieht, bittet man eine andere Person, irgend einen Finger zu zeigen ohne zu berühren, und man versucht diesen Finger zu bewegen; man bewegt in der Regel den korrespondierenden Finger der anderen Hand. Wird z. B. der rechte Ringfinger gezeigt, so bewegt man den linken Ringfinger und umgekehrt. Sobald man den Irrtum merkt, verliert man jede Sicherheit, »man weiss nicht mehr, wie die Finger zu bewegen sind«. Wird der Finger nicht blos gezeigt, sondern berührt, so begeht man keinen Fehler.

16. Hierher gehört auch folgender Versuch: man setzt sich vor einem

Spiegel und legt ein Blatt Papier auf den Tisch, so dass man im Spiegel durch Reflexion das Papier sehen kann. Durch einen Schirm verdeckt man das Papier, damit man es nicht direkt sehen kann; in der rechten Hand hält man einen Bleistift. Ein anderer zeichnet auf dem Papier zwei Punkte in einer diagonalen Richtung. Man sieht nun durch Reflexion im Spiegel das Papier und die Punkte und muss versuchen, mit dem Bleistift einen Strich von dem einen Punkt zum anderen zu machen. Man verwechselt dabei oben mit unten und rechts mit links. Die individuellen Unterschiede sind sehr gross: einige Individuen kommen nach wenigen Versuchen zum Ziel, andere dagegen können den Strich erst nach längerer Zeit machen. Die Bewegungen sind dabei sehr unsicher, so dass man einen krummen Strich statt einer Geraden zeichnet.

Ich gebe hier ein Beispiel: es waren die Punkte *A* u. *B* (Fig. 29) gezeichnet; die Versuchsperson musste einen Strich von *A* zu *B* ziehen, während sie das Papier mit den Punkten und die eigene Hand mit dem Bleistift durch Reflexion im Spiegel sah.

Fig. 29.

Sie hat zuerst den Strich *A*—(1), dann *A*—(2), dann *A*—(3), *A*—(4), *A*—(5), *A*—(6), *A*—(7) und endlich mit grosser Mühe den richtigen Strich *A*—(8) gezeichnet.

Wenn man statt zweier Punkte mehrere aufzeichnet oder eine Figur zu zeichnen bittet, so merkt man noch andere Eigentümlichkeiten. Dieser Versuch erlaubt die Association zwischen den Gesichtswahrnehmungen und den Armbewegungen zu trennen; er kann, wie ich glaube, zu einigen wichtigen Resultaten führen. Ich werde in einer späteren Arbeit darauf zurückkommen.

§ 3. Lokalisation mit Beschreibung.

Diese Lokalisationsmethode besteht darin, dass man die Versuchsperson bittet, die berührte Stelle mit Worten zu beschreiben. An normalen Individuen sind Versuche nach dieser Methode nur von Barth (10) und von mir gemacht worden. Die Lokalisation kann keine sehr genaue sein; sie geschieht im allgemeinen mit Hülfe der Gesichtsvorstellung, aber manchmal auch ohne sie. Sobald die Versuchsperson etwas genauer die Lage des Punktes bestimmen will, giebt sie die Distanz von gewissen Hautstellen an, und dabei begeht sie ähnliche Fehler, wie in den früher erörterten Fällen, d. h. es wird die Distanz unterschätzt.

Diese Methode findet hauptsächlich Verwendung in pathologischen Fällen, wo sie auch oft gebraucht worden ist, wie wir im nächsten Kapitel sehen werden.

II. Thatsachen aus der Physiologie und Pathologie.

§ 1. Reflexartige Lokalisation. Gesetz der excentrischen Projektion.

1. Man hat bis jetzt die Thatsachen der Physiologie und Pathologie zu wenig beachtet; es ist aber, glaube ich, nicht möglich, eine befriedigende Theorie aufzustellen, ohne diese Thatsachen in Betracht gezogen zu haben; deswegen werde ich hier ziemlich ausführlich auf dieselben eingehen.

Aus der Physiologie sind nicht ohne Wichtigkeit für die Lokalisationsfrage die Beobachtungen über Reflexe hirnloser Tiere.

Wenn man einem Frosch das Gehirn zerstört und dann einen Punkt der Bauchhaut berührt, so macht er Bewegungen mit den Extremitäten; bei passender Intensität des Reizes bewegt er nur das Bein der gereizten Seite. Es wird das Bein so bewegt, dass es die gereizte Stelle berührt (Abwischbewegungen). Die Bewegung ändert sich mit der Lage des Reizes. Wenn man das betreffende Bein abschneidet, so macht der Frosch eine Abwischbewegung mit dem anderen Beine. Diese Bewegungen sind, wie man sieht, zugleich Lokalisationsbewegungen; aber man muss beachten, dass diese Lokalisationsbewegungen sehr ungenau sind; oft trifft das Bein gar nicht die berührte Stelle. Ganz ähnliche Beobachtungen sind von Vulpian an gehirnlosen Tritonen gemacht worden. Goltz (229) hat an einem gehirnlosen Hunde folgendes beobachtet: wenn man ihn an einer Rumpfseite kratzt, so macht er mit der Hinterpfote derselben Seite Kratzbewegungen in der Luft (S. 576). Robin behauptet, auch an einem enthaupteten Menschen, dessen Brust man berührte, eine Lokalisationsbewegung des Armes beobachtet zu haben.

2. Die reflektorischen Lokalisationsbewegungen können auch bei gehirnlosen Tieren viel komplicierter sein. Wenn man z. B.,

schreibt Goltz, eine Hautstelle des gehirnlosen Hundes zerrt oder drückt, so fängt er an zu bellen und »gleichzeitig sucht er sich durch geeignete Bewegungen der Gliedmaassen, des Kopfes und des Rumpfes von der ihn fassenden Hand zu befreien. Gelingt ihm dies nicht, so beisst er zu und krümmt dabei die Wirbelsäule zweckentsprechend. Hat man z. B. die rechte Hinterpfote ergriffen, so beisst er, die Wirbelsäule im Kreisbogen krümmend, nach rechts hin. Packt man den linken Hinterfuss, so schnappt er mit entgegengesetzter Wendung nach links. Allerdings trifft er bei diesem Zornausbruch nur selten die beleidigende Hand, sondern streift sie nur mit den Zähnen oder beisst vollständig in die Luft. Die Fähigkeit, zielbewusst den Ort der Belästigung zu finden, geht ihm offenbar ab« (S. 574).

Aus allen diesen Beobachtungen geht hervor:

1. dass gewisse Lokalisationsbewegungen rein reflektorisch sind und vom Rückenmarke abhängen;

2. dass aber die reflektorische Lokalisation eine annähernde und keine genaue ist. Das Erstere ist von einigen wenigen Autoren beachtet worden (Lotze[1]), Külpe (88)), das Letztere überhaupt noch nicht.

3. Einige Physiologen haben behauptet, dass das Rückenmark allein zu psychischen Funktionen Veranlassung geben kann; so hat z. B. Talma (308) dies durch folgenden Versuch zu beweisen gesucht. Wenn man bei einem gesunden Frosch die sensiblen Lendenwurzeln auf einer Seite durchschneidet, so macht das Bein dieser Seite viel ungeschicktere Bewegungen, als das der normalen Seite; daraus schliesst man, dass die Hautempfindungen des Beines eine grosse Bedeutung für die Bewegungen dieses Beines haben. Wenn man nun das Tier enthauptet, so merkt man auf der geschädigten Seite dieselbe Ungeschicklichkeit und Unzweckmässigkeit der Bewegungen wie vorhin; d. h. bei Reizung der Bauchhaut auf der unverletzten Seite macht das betreffende Bein Abwischbewegungen; bei Reizung der Haut auf der verletzten Seite bewegt sich das korrespondierende Bein hin und her, streckt sich u. s. w., die Bewegungen sind hier unzweckmässig. Talma schliesst daraus, dass auch das enthauptete Tier gewisse Tast-

1) Lotze, Instinkt. Handwörterb. d. Physiol. 1844. Bd. II. S. 191—209.

empfindungen hat, die zur Regulierung der Bewegungen dienen (Pflüg. Arch. Bd. 37).

Diese Beobachtungen stehen im Einklange zu den Ausserungen vieler Autoren über die Bedeutung der Bewegungs- und Tastempfindungen für die Lokalisation und für koordinierte Bewegungen überhaupt (Ataxie). So schreibt z. B. Longet: »La condition première de l'harmonie dans les mouvements se trouve dans la sensation même de leur accomplissement. En effet, comment voudrait-on qu'un homme ou un animal qui a perdu la sensation du mouvement, executé par ses membres, qui ne peut plus juger de leur attitude, de leur rapport avec les objets extérieurs, qui ne sait même plus, pour ainsi dire, s'ils existent, qui enfin ne sent plus avec ses membres le sol sur lequel il pose, pût marcher regulièrement, conserver son équilibre et faire agir ceux-ci avec leur énergie, leur promptitude et leur harmonie première? Dans ce cas la volonté ne peut avoir qu'une action très incomplète sur les muscles: dès lors on ne doit plus s'étonner du trouble considérable qu'occasionne, dans les fonctions locomotrices, une lésion profonde des faisceaux medullaires postérieurs, qui néanmoins président exclusivement à la sensibilité« (Longet, Anatomie et physiologie du système nerveux. I. 1842. S. 326).

4. Eine weitere Beobachtung, die von vielen Physiologen gemacht wurde, ist die »excentrische Projection« oder »Externalisation« der Empfindungen: wenn irgend ein Punkt einer sensorischen Bahn mit gewisser Intensität gereizt wird, so wird die eintretende Empfindung in die peripherischen Endigungen der Nerven verlegt[1]); dabei darf die Verbindung mit dem Gehirn nicht unterbrochen sein; der vom gereizten Punkte aus peripher liegende Teil der Bahn darf aber unterbrochen oder zerstört sein.

Dieses Gesetz der excentrischen Projektion ist schon von Haller (1762) genau formuliert worden: »ergo nervus quicunque compressus, quocunque loco, modice quidem pressus dolorem facit singularem vehementius vero elisus sensum aufert ei parti corporis animalis, quam suis ramis adit« (Elementa physiologiae. Bd. IV, S. 296. 1762).

---

1) Diese Formulierung gilt nur für den Tastsinn, für den Gesichts- und Gehörsinn hat man Empfindungen, welche nach aussen verlegt werden.

5. Die bei der Reizung entstehenden Empfindungen sind sehr mannigfaltig: es sind manchmal Empfindungen leiser Berührungen; z. B. der Kranke denkt, dass er eine Maske oder einen Schleier auf dem Gesichte hat, (MARIE, Tabès, Leçons sur les maladies de la moelle, S. 477—489), oder Kälte- und Wärme-Empfindungen (BROWN-SÉQUARD, Verletzungen des Rückenmarks), oder Schmerzempfindungen, die auf kleinere Hautbezirke beschränkt sind (HEAD); öfter sind es Empfindungen des Kriebelns, Ameisenlaufens, Eingeschlafenseins der Glieder, Empfindungen von Muskelermüdung (PITRES, Progrès Médical 1884), strahlende Schmerzen (Neuralgien, Tabes, etc.) oder Empfindungen einer starken Kontraktion gewisser Muskeln, ohne dass letztere in Wirklichkeit kontrahiert sind. Alle diese Empfindungen sind in die Peripherie projiziert, so dass man oft auf Grund dieser Projektion auf den Ort der Reizung schliessen kann. Es ist wichtig zu beachten, dass man bei Reizung centraler Teile der sensiblen Bahn Empfindungen haben kann, die mit den Empfindungen bei Reizung der peripheren Endigungen identisch sind; manchmal aber hat man bei centraler Reizung Empfindungen, die nie peripher entstehen, und diese Empfindungen werden gleich den anderen auch nach der Peripherie projiziert, eine Thatsache, die ohne Beachtung geblieben ist, die aber theoretisch wichtig ist.

Die Fälle, in denen man eine Externalisation beobachtet hat, sind sehr zahlreich, da sie aber in der Litteratur sehr zerstreut sind, so will ich auch einige Beispiele für die Reizung verschiedener Teile der sensorischen Bahn geben.

6. Corticale Reizung. Am deutlichsten treten die Reizerscheinungen hier bei der JACKSON'schen Epilepsie auf, die hauptsächlich in einer Reizung der grauen Substanz der motorischen Gebiete der Gehirnoberfläche besteht; sie bewirken die sensitive Aura: vor dem Anfall hat der Kranke Schmerzempfindungen, manchmal aber nur Kriebeln in den extremsten Teilen derjenigen Glieder, in denen der Krampf später anfängt, z. B. an der Spitze des kleinen Fingers, der grossen Zehe, dem Handgelenke u. s. w. Es giebt Fälle, wo Epilepsie durch Trepanation geheilt wurde und diese sensitiven Erscheinungen auch verschwanden. FERRIER hat beobachtet, dass bei Reizung gewisser Punkte der Gehirnoberfläche eines Hundes dieser ängstlich auf eine Pfote sah, als ob er da Empfindungen hätte.

Reizung der inneren Kapsel. Hier kommen hauptsächlich die Hemiplegien in Betracht. Vor dem Anfall, manchmal auch nachher, hat der Kranke Ameisenlaufen, Kriebeln, Schmerzen in einem Körperteile, welcher durch den Anfall paralysirt wird. In gleicher Weise verhält es sich, wenn der Bluterguss nicht in der inneren Kapsel, sondern in anderen Teilen des Grosshirns auf die sensorische Bahn einwirkt. Dasselbe findet auch z. B. bei Thrombose einer Gehirnarterie statt, wo die Empfindungen 24 bis 48 Stunden vor dem Anfall bestehen. **7.**

Reizung des verlängerten Marks und des Rückenmarks. Man hat oft beobachtet, dass bei Geschwülsten in der Medulla oblongata Schmerz und Ameisenlaufen empfunden wird. Bei Rückenmarkskrankheiten (Tabes, Ataxie, Rückenmarkskompression, Verletzungen des Rückenmarks, Hämatomyelie etc.) hat man sehr oft ausstrahlende Schmerzen, Kriebeln u. s. w. Alle diese Empfindungen bei Reizung der Nervencentra werden in die Peripherie verlegt, dabei werden sie nicht in den Ausbreitungsgebieten der verschiedenen Nerven empfunden, sondern mehr »segmentarisch«[1]; bei Reizung der Nerven dagegen werden die Empfindungen in den Ausbreitungsgebieten empfunden. Dies ist ein Unterschiedsmerkmal, welches leicht erlaubt den Sitz des Reizes zu erkennen. **8.**

Reizung der Nerven. Im Allgemeinen hat man Empfindungen in denjenigen Fällen, in denen die Reizung nicht zu stark ist, also wenn sie z. B. zu dauernden Entzündungsprozessen führt. Ich erwähne die Kompressionen, die Neuritis, Intoxikationen, Nervenverletzung, Reizung durch Elektricität und durch Kälte (Weber, Richet) u. s. w. In allen diesen Fällen entstehen Schmerzen, Ameisenlaufen, stechende Empfindungen und Empfindungen, die den Berührungsempfindungen sehr ähnlich, manchmal sogar ganz gleich sind, wie man sich leicht überzeugen kann, wenn man sich mit einem schwachen konstanten Strom den N. ulnaris reizt. Bezüglich dieser elektrischen Reizung bemerke ich noch, dass die Empfindung zuerst bei Ka S eintritt, für einen stärkeren Strom auch bei A O, dann für A S; hierauf hat man bei A D Empfindung; nur bei stärkeren Strömen **9.**

---

1) Für die Topographie dieser Segmente siehe z. B. Leyden u. Goldscheider, Erkrankungen des Rückenmarks, S. 174, oder auch Bernhardt, Erkrankungen der peripherischen Nerven, S. 427.

hat man eine Empfindung für Ka D und Ka O. Diese Verhältnisse sind auch von Erb und Bernhardt beobachtet worden. Sobald die Reizung aufhört, schwindet auch die Empfindung.

Schon J. Müller hat bemerkt, dass man bei der Reizung eines Nervenstammes durch Stoss nicht nur eine an die Nervenendigungen verlegte Empfindung hat, sondern auch einen Schmerz, der von der Reizstelle peripheriewärts geht. Diese Beobachtung ist sehr leicht zu wiederholen, wenn man den Nerv durch einen ziemlich starken Strom reizt. Man hat diese Beobachtung dadurch zu erklären versucht, dass es in den Häuten, welche den Nervenstamm umhüllen, feinere Nerven (nervi nervorum) giebt und dass bei Reizung des Nerven nicht nur der Nervenstamm selbst, sondern auch diese nervi nervorum gereizt werden; dadurch entstehen zwei Arten von Empfindungen, die einen verlegt in das Verbreitungsgebiet des Nervenstammes, die andern verlegt in die Reizstelle selbst.

10. Diese Thatsache führt uns unmittelbar zu den Mitempfindungen: bei der Reizung einer Stelle der Nervenbahn hat man eine Empfindung nicht nur am peripheren Ende der Bahn, sondern auch in einem anderen, manchmal sehr entfernten Gebiete. Wird z. B. der äussere Gehörgang gereizt, so wird häufig Kitzel im Kehlkopfe empfunden, der Schmerz eines Zahnes des Oberkiefers wird oft auf den betreffenden Zahn des Unterkiefers übertragen; bei Erkrankungen der inneren Organe hat man oft Schmerzen in Hautstellen, die weit vom erkrankten Organe liegen [Dana (209), Head (234), Mackenzie (265) etc.]. Z. B. bei Erkrankungen der Aorta und Hypertrophie des Herzens hat man oft Schmerzen im Vorderarme und im kleinen Finger; bei Krankheiten des Uterus Schmerzen im Rücken und manchmal im Handgelenke (Dana) u. dergl. m. Alle diese Fälle werden gewöhnlich durch die Uebertragung der Erregung von einer Nervenbahn auf eine andere erklärt. Diese Übertragung kann peripher vermittelst der Anastomosen zwischen den verschiedenen Nerven oder central (sensibler Reflex) sein. Dass sie central stattfinden kann, sieht man aus den Beobachtungen über Rückenmarksverletzungen, in denen die Reizung eines Punktes eine Empfindung eines anderen Punktes der Haut mit sich führt; es wird z. B. der rechte Fuss gereizt, der Kranke hat eine Empfindung zuerst links und erst nach einer gewissen Zeit rechts (Brown-Séquard, Dana etc.).

Ich habe oben gesagt, dass die excentrische Projektion auch dann stattfindet, wenn die peripheren Teile der sensiblen Bahn zerstört sind. Hierfür bieten uns die besten Beispiele die Beobachtungen an Amputierten. Schon im XVI. Jahrhundert schrieb der berühmte Chirurg Paré: »les patiens long temps après l'amputation faite, disent encore sentir douleur èsparties mortes et amputées, et de ce se plaignent fort: chose digne d'admiration et quasi incrédible à gens qui de ce n'ont expérience«. »Il est ainsi que long temps après l'amputation les patiens pensent encore auoir en son entier le membre qui leur a été amputé comme i' ay dit: ce qui leur aduient, comme il me semble, pour ce que les nerfs se retirent vers leur origine.« (Oeuvres de Paré, t. II.) **11.**

Seitdem sind die »Illusionen der Amputierten« oft beobachtet und beschrieben worden, so schreibt z. B. Haller (1762): »Frequentissima et antiquissima est adnotatio, si quando digitus, aut pes, aut crus amputatum fuerit; in eo tamen amputato artu dolores vividos omnino percipi, ut sana sibique constans anima fallatur, utque in eo artu dolorem se percipere persuadetur: qui dudum detruncatus conputruit, neque nunc ulla pars est nostri. Ipsam flexionem detruncati artus se percipere credebat, qui truncum brachium flectebat, cujus manus perierat.« (Elementa Physiologiae, Bd. IV, S. 305; dort findet sich auch die ältere Litteratur der Frage.)

Von den späteren Autoren, die neue Thatsachen hinzugebracht haben, und bei denen man Erklärungsversuche findet, erwähne ich nur J. Müller (116); Castel (204), Bizet (192), Guéniot (233), W. James, Weir Mitchell (269), Charcot (205), Abbatucci (182) und Pitres (286).

12. Die Empfindungen der Amputierten sind sehr mannigfaltig: Ameisenlaufen, Kitzel, Kriebeln, Einschlafen der Glieder, Kälte, Wärme, Schmerz, Bewegung, Muskelspannung u. s. w. Diese Eindrücke werden gewöhnlich in der Extremität des amputierten Körperteils empfunden; z. B. nach Amputationen des Armes fühlt man die Finger und die Hand, man hat aber oft keine Empfindungen vom Vorderarme und vom Ellenbogen. Diese Empfindungen sind meistens dauernd. Zuweilen sagt sogar der Kranke, dass er die gesunde Extremität viel weniger fühle, als die amputierte (Weir Mitchell,

Charcot, Pitres). Dementsprechend entstehen oft vollständige Illusionen: der Kranke glaubt einen Gegenstand mit der amputierten Hand zu halten, oder glaubt sich auf das amputierte Bein stützen zu können u. dergl. m. »Je sais parbleu bien que je n'ai plus ma jambe droite. Et pourtant quand j'analyse mes sensations, je sens plus vivement le pied qui me manque que celui qui me reste. L'un me fait toujours mal, l'autre ne me cause aucune souffrance. Si je ne pouvais m'assurer par la vue et par le toucher que le pied endolori a été enlevé, je croirais fermement qu'il est toujours là. Il faut que je me raisonne pour me rendre compte de l'irréalité des sensations que j'éprouve.« (Pitres, Annales Médico-psycholog. 1897, S. 16.)

Die Empfindungen entstehen gewöhnlich sofort nach der Operation, manchmal auch einige Tage später; sie dauern oft das ganze Leben, aber es kommen auch Fälle vor, in denen sie nach einigen Jahren verschwinden. Diese Empfindungen können leicht verstärkt oder wieder hervorgerufen werden, indem man den Amputationsstumpf drückt oder elektrisch reizt (Weir Mitchell und Pitres), oder wenn man ihn in warmes oder kaltes Wasser eintaucht. In diesen letzten Fällen empfindet der Kranke Wärme, bezw. Kälte in der fehlenden Extremität und manchmal sehr intensiv. Pitres hat auch den entgegengesetzten Versuch gemacht: eine Cocaïneinspritzung in den Amputationsstumpf löscht jede Empfindung des fehlenden Gliedes aus, und der Kranke verliert die Illusion, es bewegen zu können. Nach einigen Stunden, wenn das Cocaïn nicht mehr wirkt, tauchen die Empfindungen wieder auf.

13. Wir haben gesagt, dass die Empfindungen in die extremsten Teile der amputierten Glieder verlegt werden; es fragt sich nun, ob die scheinbare Lage und Grösse dieser fehlenden Glieder von der normalen abweicht. Viele Autoren haben ihre Aufmerksamkeit auf diesen Punkt gewendet (Guéniot, Weir Mitchell, Pitres etc.).

Im allgemeinen entsteht eine Verkleinerung der amputierten Extremität, und letztere wird zu nahe zum Körper vorgestellt. Z. B. ein Kranker stellt sich seinen amputierten Fuss in der Grösse eines Kinderfusses und etwa 20 cm zu nahe zum Oberschenkel vor; einem anderen schien seine fehlende Hand in der Grösse einer kleinen Kinderhand dicht an der Schulter zu liegen (Guéniot) u. dergl. m.

Aber es kommen auch Fälle vor, in denen die scheinbare Grösse und Lage der normalen gleich ist. Man beobachtet, dass jene Verkürzung der fehlenden Extremität und ihre Verkleinerung dann entsteht, wenn der Kranke von gewissen Teilen dieser Extremität keine Empfindungen hat, z. B. wenn er nach Amputation des Armes an der Schulter keine Empfindungen vom Ellenbogen und vom Vorderarme hat, wohl aber von der Hand und den Fingern. Nach Amputation am Oberschenkel kommen die Empfindungen nur vom Fusse und von den Zehen, nie von dem Knie und Unterschenkel, und dem Amputierten scheint es, »dass dieser Fuss mit dem Oberschenkel durch etwas undefinierbares, einen Strick oder einen Stock verbunden ist« (Guéniot). Es ist, wie Guéniot bemerkt, eine allgemeine Erscheinung, dass wir die Distanz zweier Punkte dann im Stande sind richtig zu schätzen, wenn zwischen den beiden Punkten Empfindungen entstehen; wenn dagegen keine Empfindungen zwischen ihnen stattfinden, so wird die Distanz unterschätzt (man denke z. B. an den Blinden Fleck); in einigen Fällen von Anästhesie der Haut ist Ähnliches beobachtet worden.

14. Zur Widerlegung dieser Erklärung führt Pitres folgende Beobachtung an; er beobachtete nämlich, dass, wenn man einen elektrischen Strom durch den Amputationsstumpf durchlässt, der Kranke sehr lebhafte Empfindungen in der fehlenden Extremität hat, und dass dabei die früher vorhandene Verkleinerung verloren geht; die Extremität scheint plötzlich die normale Grösse zu haben. (Annales médico-psycholog. 1897, S. 184.)

Endlich hat auch Pitres sehr wichtige Lokalisationsversuche an Amputierten gemacht: wenn man die Haut des Amputationsstumpfes berührt, so lokalisiert der Kranke die Berührung richtig; wenn man dagegen die Narbe am Amputationsstumpf berührt, so empfindet der Kranke die Berührung an der fehlenden Extremität; z. B. wenn man, bei Amputation des Armes, die Narbe mit einer Nadel sticht, so hat der Kranke eine punktförmige stechende Empfindung an einem Finger oder an der Hand. Die Empfindungen, die der Kranke in die fehlende Extremität verlegt, sind identisch mit den Empfindungen, die bei Reizung der Extremität selbst vor der Amputation entstanden.

Pitres erklärt diese fehlerhafte Lokalisation dadurch, dass aus dem Nervenstamme sehr oft nach der Amputation Nervenfasern in

das periphere Gewebe hineinwachsen; diese Nervenfasern wachsen also auch in die Narbe hinein, wo sie sich verzweigen. Die Reizung dieser neuen Nervenendigungen bewirkt denselben Erfolg wie die Reizung der ursprünglichen Nervenendigungen. Es ist, wie ich glaube, der beste Beweis der »Externalisation«, der bis jetzt nur gegeben worden ist. (Ann. médico-psychol. 1897, S. 181.)

§ 2. Störungen der Lokalisation bei Transplantation der Haut und bei Nervenkrankheiten.

1. Man hat oft beobachtet, dass bei der Bildung einer neuen Nase aus der Stirnhaut (Rhinoplastik) der Kranke jede Berührung der neugebildeten Nase auf der Stirn lokalisiert. Ich citiere wörtlich die Beobachtungen von Busch (Virchow's Arch. 1859, Bd. 16, S. 30), weil sie einige Thatsachen enthalten, die gewöhnlich unbeachtet bleiben. »In den meisten Fällen hat der Kranke bei dem Stechen der aus der Stirn gebildeten Nase entweder keine oder nur eine ganz dunkle Empfindung, von der er dann aber auch nicht anzugeben weiss, wo sie ist. Nur in den seltenen Fällen empfindet der Kranke gleich nach der Operation deutlich, verlegt dann aber auch den Schmerz desto höher, je näher dem unteren Ende der neuen Nase die Berührung stattgefunden hat. Die Lokalisierung kann nur dann möglich sein, wenn die verbindende Hautbrücke zufällig so angelegt wurde, dass ein Nervenast der neuen Nase von dem Supratrochlearis oder gar dem Frontalis im Zusammenhange mit dem Stamme bleibt. Da dieses aber nur selten der Fall ist, so empfinden viele Patienten zuerst gar nichts oder nur an der Brücke.«

»Sowohl in den Fällen, in welchen die Patienten gleich nach der Operation kein Gefühl in dem transplantierten Lappen haben, als auch in denen, in welchen sie gleich nach der Operation deutlich fühlen, aber die Empfindungen nach der Stirn verlegen, entwickelte sich einige Zeit, gewöhnlich einige Monate nach vollendeter Anheilung, eine richtig lokalisierte Empfindung in der neuen Nase und zwar, wie Dieffenbach ganz richtig angegeben, zunächst an den Rändern in der Nähe der Narben. Allmählich entwickelt sich diese Empfindung stärker, indem sie von den Rändern nach der Mitte zu fortschreitet. Langenbeck hat ausgesprochen, dass diese richtig lokalisierten

Empfindungen durch neue Nerven, welche in den transplantierten Lappen entstanden seien, vermittelt werden.«

»Für diejenigen Fälle, in welchen der Patient gleich nach der Operation jeden Reiz im überpflanzten Lappen empfindet, aber nach der Stirn verlegt und erst später eine richtige Beurteilung in der Örtlichkeit eintritt, ist auch die Erklärung möglich, dass der Kranke sich daran gewöhnt habe, die Empfindungen in der ehemaligen Stirnhaut nun nach der Nase zu verlegen, da die tägliche Erfahrung ihn allmählich belehren müsse, dass Berührungen dieser Gegend jene Empfindungen zur Folge haben. Die klinische Beobachtung zeigt jedoch auch hier ganz sicher, dass das richtig lokalisierte Gefühl nicht von jenen Nervenstämmen abhängig sei, welche in der neuen Nase erhalten sind und durch die Brücke hindurchziehen; denn auch diejenigen Patienten haben es, bei welchen die verbindende Brücke wegen knolliger Hervorragung später vollständig exstirpiert wird. Da aber durch die Exstirpation der Brücke jeder Zusammenhang der alten Nerven des Lappens mit ihren Stämmen getrennt ist, so muss die Empfindung in der neuen Nase durch Nerven vermittelt werden, welche durch die Narben hindurch mit denen der Umgebung in Zusammenhang stehen.«

»Die Entstehung des richtig lokalisierten Gefühls und sein Fortschreiten geschieht im ganzen ziemlich langsam, ist aber bei den verschiedenen Individuen verschieden. So habe ich einen Fall gesehen, in welchem der ganze knorpelige Teil der Nase mit dem Septum zerstört war und in welchem die Patientin sechs Monate nach gemachter Rhinoplastik in der neuen Nase überall eine deutliche richtig lokalisierte Empfindung hatte. Dagegen beobachtete ich einen Fall, in welchem länger als vier Monate nach der Operation der Rhinoplastik eine kleine Nachoperation an der Spitze der neuen Nase gemacht werden musste, wobei die Patientin alle Schmerzen in der Stirn empfand. Zuweilen trifft man auch Fälle, in welchen die Patienten teilweise ein richtig lokalisiertes Gefühl haben, teilweise die Empfindungen nach dem früheren Mutterboden der neuen Nase verlegen. So sah ich einen Kranken ein Jahr nach Vollendung der Rhinoplastik, welcher beim Einstechen der Nadel jesdesmal die Empfindung richtig lokalisierte, wenn die Berührung in der Nähe der

Ränder der neuen Nase stattfand, dagegen immer nach der Stirn wies, wenn der Nasenrücken oder die Spitze berührt wurde.«

Ganz gleiche Beobachtungen sind von mehreren Chirurgen gemacht worden, ich füge noch die Beobachtung von Tillmanns (Über Nervenverletzungen und Nervennaht. Arch. f. klinische Chirurgie 1882, Bd. 27, S. 79) hinzu: wenn man bei den Tastprüfungen die transplantierte Haut schwach berührt, so lokalisiert der Kranke auf der Stirn, wenn man dagegen stärker drückt, so lokalisiert er richtig auf der Nase.

2. In den letzten Jahren hat man histologische Untersuchungen über die transplantierten Hautstücke ausgeführt[1]), und man fand, dass die Regeneration der Nervenfasern sowohl von den Nerven des Mutterbodens, als auch von denen der umgebenden Haut erfolgt, dass sie zuerst vom Rande zur Mitte fortschreitet, und dass sie oft in Form von Inseln auf der Haut erfolgt. In diesen Fällen empfindet der Kranke an manchen Stellen richtig, an anderen aber nicht (Goldmann). Diese Beobachtungen über Transplantation der Haut zeigen keineswegs, dass die Endigungen der Nerven in der Haut für die Lokalisation von Wichtigkeit sind, wie einige Psychologen (Külpe S. 360) es behaupten.

3. Lokalisation bei Nervendurchtrennung. Es giebt in der chirurgischen Litteratur sehr viele Beobachtungen über Veränderungen der Sensibilität und der Motilität bei Nervendurchtrennung (siehe Litteratur am Ende) und über die Wiederherstellung dieser Sensibilität und Motilität nach der Nervennaht. Die Motilität wird im allgemeinen viel mehr beeinflusst, als die Sensibilität, es entsteht oft eine vollständige Lähmung gewisser Muskeln. Wenn ein Nervenast durchtrennt ist, so entsteht eine Anästhesie oder Hypästhesie. Diese ist für Temperatur und Schmerzempfindungen ausgeprägter als für Berührungsempfindungen; oft stellt sich aber die normale Empfindlichkeit wieder her, und der Kranke kann richtig die Tast-

1) Beresowski, Über die histologischen Vorgänge bei Transplantation von Hautstücken auf Tiere einer anderen Spezies. Ziegler's Beiträge. 1892. Bd. 12. S. 131. — Karg, Studien über transplantierte Haut. Arch. f. Anat. und Entwicklungsgesch. 1888. S. 369. — Goldmann, Über das Schicksal der nach dem Verfahren von Thiersch verpflanzten Hautstücken. Beitr. z. klin. Chir. 1894. Bd. XI. S. 229—251.

eindrücke lokalisieren, wobei gewöhnlich die Raumschwelle vergrössert ist (LETIÉVANT, LABORDE etc.). Diese Wiederherstellung der Empfindlichkeit wird durch die benachbarten Nerven bewirkt: man weiss ja, dass ein und dasselbe Hautgebiet von Nervenausbreitungen mehrerer Nervenwurzeln versorgt wird, wie SHERRINGTON, MOTT, ROSS und THOTBURN gezeigt haben, und nur nach Durchschneidung aller dieser Nervenstämme kann man eine vollständige Anästhesie der Hautstelle erhalten (ARLOING ET TRIPIER). Jedenfalls ist es wichtig zu beachten, dass auch dann, wenn die Reizung einer Hautstelle nicht durch die gewöhnlich zu durchlaufende Nervenbahn, sondern durch eine benachbarte zum Gehirne geleitet wird, die Lokalisation des Tasteindrucks eine ganz normale sein kann.

Es giebt aber auch Fälle, in denen die Lokalisation der Tasteindrücke im Ausbreitungsgebiete des durchtrennten Nervenstammes eine abnorme ist. Der Kranke weiss nicht, wo er berührt wird, oder giebt einen falschen Ort (Daumen statt Mittelfinger u. dergl. m.) an.

Ich gebe einige Beobachtungen von GAYET (226) wieder. Es wurden alle Nervenäste des P l e x u s b r a c h i a l i s ausser dem Musculo-cutaneus an der Achsel durchtrennt. Mehrere Stunden nach der Operation machte GAYET Versuche von der Art, dass er einen Punkt berührte und den Kranken diesen Punkt mit Worten beschreiben liess. Die Fehler waren im allgemeinen sehr gross: bei Berührung des Zeigefingers spürte der Kranke die Berührung am Kleinfinger; eine Berührung des Metacarpalkopfes des Kleinfingers lokalisierte er auf dem Handrücken zwischen den Sehnen des Zeige- und Mittelfingers u. dergl.

4. Besonders interessant sind diejenigen Fälle, in denen eine Anästhesie nach der Durchtrennung eintritt und in denen einige Wochen (6—10) nach der gemachten Nervennaht die Sensibilität zurückkehrt, i n d e m d a b e i d i e L o k a l i s a t i o n g a n z n o r m a l w i r d. Von den verschiedenen Sensibilitäten kommt die Berührungsempfindlichkeit zuerst wieder, dann die Schmerz- und an letzter Stelle die Temperaturempfindlichkeit. Es ist wichtig zu beachten, dass die Lokalisation eine normale wird; denn die Heilung entsteht durch R e g e n e r a t i o n des peripheren Nervenendes, und bei dieser Regeneration wachsen nicht dieselben Nervenfasern zu den verschiedenen Hautpunkten, die vor der Durchtrennung des Nerven diese Hautpunkte mit dem

Rückenmarke verbanden. Es haben nämlich die histologischen Untersuchungen von RANVIER, STRÖBE, VANLAIR, ZIEGLER, BÜRGNER, HOWELL und HUBER u. A. gezeigt, dass nach Durchschneidung eines Nervenastes der periphere Teil fast vollständig degeneriert, und dass, wenn man das periphere Ende an das centrale anlegt, die Nervenfasern aus dem centralen Ende in den peripheren Teil hineinwachsen. Bei dieser Regeneration dient das periphere Ende nur als Leitung und Stütze für die neuen Fasern.

VANLAIR (316) hat auch die Geschwindigkeit der Regeneration bestimmt; er findet 1 mm pro Tag. In klinischen Fällen haben HOWELL und HUBER (242) gefunden, dass nach der Naht des Nervus medianus die Sensibilität nach $1^1/_2$ Monaten, die Motilität nach 4 Monaten, nach der Naht des N. ulnaris die Sensibilität nach 3 Monaten, die Motilität nach 11 Monaten zurückkehrt. Diese Zahlen stützen sich auf 84 Beobachtungen.

Diese Thatsachen sprechen gegen die Lokalisationstheorie von v. FREY (43), nach welcher die Versorgung jedes MEISSNER'schen Tastkörperchens durch mehrere Nervenfasern eine grosse Bedeutung für die Lokalisation haben soll. Man bedenke, dass es höchst wahrscheinlich ist, dass nach der Regeneration sich ganz andere Nervenfasern wie zuvor bis zu demselben Punkte der Haut erstrecken.

5. Bei Neuralgien des Trigeminus hat man manchmal das Ganglion Gasseri entfernt. KRAUSE (251) beobachtete in einigen Fällen, dass nach der »Ausrottung des Ganglion Gasseri« die Lokalisation auf der Wange, dem Jochbein, dem Unterkiefer und den Lippen eine sehr schlechte ist; die Raumschwelle ist auf diesen Stellen auch vergrössert und die Empfindlichkeit herabgesetzt. Für diejenigen Hautstellen, wo die Empfindlichkeit eine normale geblieben ist, zeigt sich stets auch die Lokalisation ungestört.

6. HEAD (234) hat die Empfindlichkeit an verschiedenen Hautstellen bei Erkrankung der inneren Organe bestimmt; er fand in ziemlicher Häufigkeit Hautstellen, auf denen eine Hyperästhesie für verschiedene Empfindungen (Berührung, Schmerz, Temperatur) bestand, es zeigten sich aber auch Stellen mit Hypästhesie oder sogar Anästhesie. Oft beobachtet man in Fällen letzterer Art eine herabgesetzte Lokalisationsfähigkeit auf den hypästhetischen Stellen, und zwar kann sich diese abnorme Lokalisation auf gewisse Empfindungs-

qualitäten beschränken; z. B. wenn eine Hypästhesie nur für Temperatur besteht, so lokalisiert der Kranke Temperaturreize falsch, Berührungen dagegen richtig.

Lokalisation der Tasteindrücke bei Rückenmarkskrankheiten. 7.

Bei vielen Krankheiten des Rückenmarks beobachtet man eine abnorme Lokalisationsfähigkeit; ich will hier nur einige typische Fälle erwähnen.

Bei Tabes dorsalis beobachtet man Sensibilitätsstörungen der verschiedensten Art: Anästhesie, Verspätung der Empfindung, Polyästhesie, Allochirie, sehr lange dauernde Nachempfindungen u. dergl. Oft hat man auch eine Herabsetzung der Lokalisation bemerkt. Diese ist von M. Laehr (253) eingehend untersucht worden. Er findet, dass immer eine Herabsetzung der Lokalisationsschärfe an solchen Stellen zu bemerken ist, an denen gleichzeitig eine Hypästhesie besteht oder eine solche später eintritt, oder früher vorhanden war (Arch. f. Psychiatr. Bd. 27, 1895, S. 725). Ähnliche Beobachtungen sind von Binswanger bei Taboparalytischen gemacht worden.

8. Viele Forscher (Brown-Séquard, Obersteiner, Ferrier, Leyden, G. Fischer u. A.) haben beobachtet, dass in einigen Rückenmarksleiden (Tabes, Verletzung des Rückenmarks etc.) der Kranke bei Berührung eines Punktes des Körpers die Empfindung zuweilen auf der symmetrischen Stelle des Körpers lokalisiert, z. B. bei Berührung des rechten Beines fühlt er die Berührung am linken Beine. Diese Erscheinung ist von Obersteiner Allochirie genannt worden. Sie kommt im allgemeinen neben Sensibilitätsstörungen vor. Gewöhnlich ist sie von motorischen Störungen begleitet; so bestand in einigen (z. B. von Ferrier beobachteten) Fällen eine Allochirie auch für Reflexe: auf einen Schlag auf das rechte Knie reagierte das linke Bein, das rechte aber nur auf eine Reizung des linken Knies.

Wichtig für die Erklärung der Allochirie sind die Beobachtungen von Brown-Séquard (196) über Hemisection des Rückenmarks. Bekanntlich wird durch letztere die zu der verletzten Seite des Rückenmarkes entgegengesetzte Seite des Körpers unterhalb der Wunde anästhetisch; nach einigen Wochen stellt sich die Empfindlichkeit auf diesen Hautstellen wieder her, aber dabei lokalisiert der Kranke jede Berührung dieser Hautstellen auf der

symmetrischen Stelle. Ebenso ist es auch bei Kompression des Rückenmarks; es tritt oft ein Stadium ein, in welchem der Kranke Allochirie hat. Die Bedeutung dieser Beobachtungen für die Theorie der Lokalisation der Tasteindrücke ist nur von Pierre Janet (245) erkannt worden.

9. Von den negativen Fällen, in denen bei Rückenmarksleiden die Lokalisationsschärfe eine normale ist, sind wichtig die Beobachtungen über Hemisektion des Rückenmarks: auf der verletzten Seite des Körpers unterhalb der Wunde tritt vollständige Lähmung und vollständiger Verlust der kinesthetischen Empfindungen auf, der Kranke weiss nicht, wie seine Extremitäten liegen, er kann sie auch nicht bewegen; die Hautsensibilität dieser Körperseite dagegen ist entweder normal oder erhöht, und der Kranke hat auf dieser Seite einen verfeinerten Raumsinn und eine grössere Lokalisationsschärfe als im normalen Zustande (Brown-Séquard). Es sind dies also Fälle einer Dissociation der Lokalisationsfähigkeit von den kinesthetischen Empfindungen, was nicht ohne Wichtigkeit für die Theorie ist.

10. Lokalisation bei Gehirnkrankheiten.

Dana (210), Wernicke (319), Alea (181) und einige andere Forscher haben Fälle beobachtet, in denen Zerstörung der motorischen Gebiete der Gehirnoberfläche (durch Trauma, Blutung, Geschwulst u. dergl.) eine beträchtliche Störung der Lokalisationsschärfe bewirkte; der Kranke verlegte einen Tasteindruck an einen falschen Punkt oder wusste überhaupt nicht, wo er berührt wurde, obgleich er die Berührung fühlte, oder endlich er erkannte die Form der berührenden Objekte nicht. (Störungen des stereognostischen Sinnes.)

Ziehen (322) und nach ihm Lewy (92) haben in Fällen von Dementia paralytica eine Störung der Lokalisation der Tasteindrücke beobachtet. Ziehen hat sogar die Vermutung ausgesprochen, dass in dieser Störung der Lokalisation der Tasteindrücke ein frühzeitiges Symptom der Dementia paralytica zu sehen sei.

11. Unabhängigkeit des Raumsinnes der Haut von der Lokalisation der Tasteindrücke.

Es giebt viele Beobachtungen pathologischer Fälle, in denen die Raumschwelle stark vergrössert, die Lokalisationsschärfe dagegen normal ist, und umgekehrt kann die Lokalisation eine sehr irrige sein

und die Raumschwelle ihre normale Grösse behalten haben. Ausführliche Versuche hierüber sind von HOFFMANN (71) angestellt worden, der zwischen den genannten Extremen viele Übergangsstufen fand. Ich habe gleichfalls in der Leipziger Poliklinik Versuche mit einem Tabiker gemacht. Er empfand am rechten Fuss schlechter als am linken; die rechte Fusssohle war fast ganz anästhetisch, auf dem rechten Fussrücken empfand er die Berührungen gut. Die Raumschwelle aber war auf demselben eine sehr grosse, er fühlte oft bei einer Distanz von 7—9 cm einen Punkt. Wenn ich ihn hingegen auf einem Gypsmodell des Fusses die berührte Stelle angeben liess, so beging er selten Fehler von mehr als 2—3 cm. Die Lokalisationsschärfe war also am Fussrücken eine nahezu normale, die Raumschwelle dagegen war bedeutend vergrössert.

Man kann also, wie ich glaube, auf Grund dieser pathologischen Fälle und der experimentellen Ergebnisse, die oben dargestellt worden sind, behaupten, dass die Lokalisationsfähigkeit in gewissem Sinne unabhängig von dem Raumsinne der Haut ist. Diese Unabhängigkeit ist schon von AUBERT und KAMMLER (5) im Jahre 1858 betont worden, später ist sie von den meisten Neurologen angenommen worden; dieselben unterscheiden nämlich zwei verschiedene Sensibilitätsstörungen: Störungen des Raumsinnes der Haut oder der Unterscheidungsfähigkeit und Störungen der Lokalisationsfähigkeit. Von den Psychologen dagegen ist diese Unterscheidung selten gemacht worden.

Curriculum vitae.

Ich, Victor Henri, am 6. Juni 1872 zu Marseille in Frankreich geboren, besuchte das Gymnasium in St. Petersburg von 1880 bis 1889; Oktober 1889 erhielt ich in Paris das Diplom de Bachelier-ès-Sciences. Von Oktober 1889 bis Juli 1893 studierte ich hauptsächlich Mathematik, Physik und Chemie, zuerst in den »Classes de Mathématiques spéciales« und dann in der Sorbonne. Von Oktober 1893 bis Juni 1894 liess ich mich an der naturwissenschaftlichen Fakultät in Paris inskribieren. In den Jahren 1892, 1893 und 1894 arbeitete ich im psychologischen Laboratorium des Herrn A. Binet an der Sorbonne und besuchte die Vorlesungen über Psychologie von Prof. Ribot am Collège de France. Von Oktober 1894 bis März 1896 wurde ich in Leipzig und von Mai 1896 bis Mai 1897 in Göttingen an der philosophischen Fakultät immatrikuliert. In Leipzig arbeitete ich im psychologischen Institute des Herrn Prof. Wundt und in Göttingen im psychologischen Institute des Herrn Prof. G. E. Müller.

Ich unterlasse nicht, hier meinen verehrten Lehrern, den Herren A. Binet, Prof. Müller, Prof. Ribot und Prof. Wundt, meinen herzlichen Dank auszusprechen.

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.